

Eur päisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 026 519 A1

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:  
09.08.2000 Bulletin 2000/32

(51) Int Cl.7: G01S 13/32

(21) Application number: 99101695.7

(22) Date of filing: 08.02.1999

(84) Designated Contracting States:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Designated Extension States:  
AL LT LV MK RO SI

• Bethscheider, Gerhard  
54441 Ayl (DE)  
• Siebert, Peter  
54332 Wasserliesch (DE)

(71) Applicant: Société Européenne des Satellites  
6815 Château de Betzdorf (LU)

(74) Representative: HOFFMANN - EITLE  
Patent- und Rechtsanwälte  
Arabellastrasse 4  
81925 München (DE)

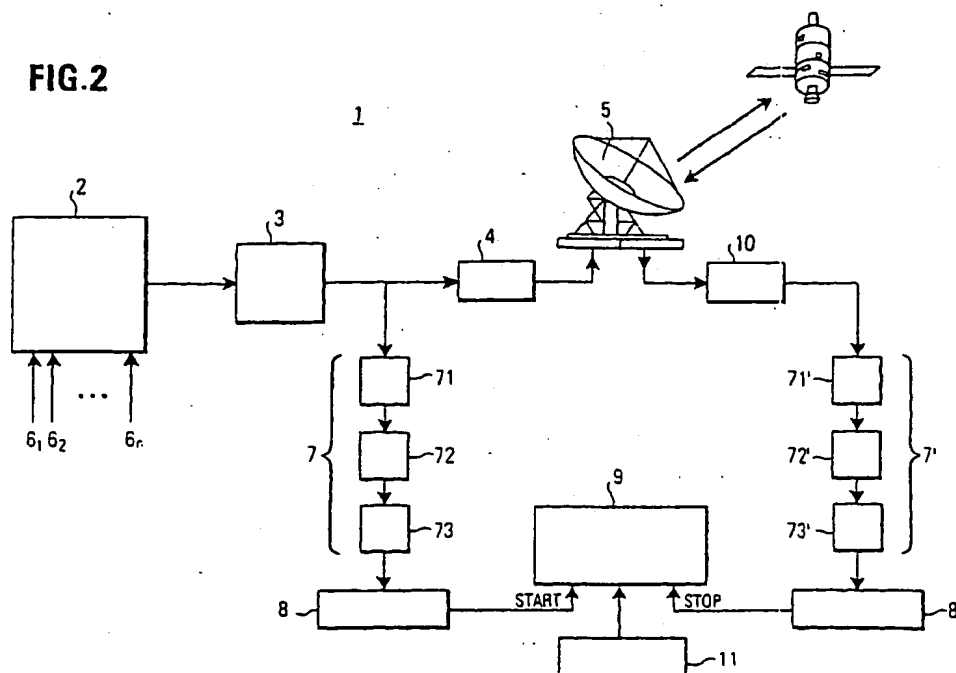
(72) Inventors:  
• Harles, Guy  
5823 Fentange (LU)

(54) Ranging system and method for satellites

(57) In a satellite ranging system predetermined bit sequence or group of bit sequences in a transport stream, which is a digital signal, are used to generate trigger signals on the basis of which the delay introduced into the transport stream by the travel path from a satellite ground station to the satellite and back or to another satellite ground station is determined allowing a

calculation of the distance between the ground station (s) and the satellite. The predetermined bit sequence or group of bit sequences may be inserted into the transport stream at the uplink site, for example as a specific payload P. In order to avoid insertion of additional packets the transport stream or part of it may be used as a predetermined bit sequence.

FIG.2



## Description

[0001] The present invention relates to ranging of satellites and more general to determining the distance and relative velocity between a sender and a receiver of digitally modulated signals.

[0002] Geostationary communication satellites have to be positioned in precisely defined space segments assigned by the International Telecommunication Union (ITU) to each satellite. Due to drift the position of a satellite may change and has to be corrected so that it becomes necessary to determine precisely the position and/or movement of the satellite usually addressed as ranging. When analogue signals are sent to and received from the satellite several ranging systems have been used based on precise measurements of the time of travel of the analogue signals. For example, the vertical and/or horizontal synchronisation pulses of television signals were used for measuring the travel time of the analogue TV signal. Such signal markers are not available when digital signals are transmitted.

[0003] Ranging of satellites, as it should be understood for the purpose of understanding the invention to be discussed further below, stands for the task of determining the distance between a ground station and a satellite, especially a geostationary satellite. As an additional aspect, the ranging of satellites may be understood to also but not necessarily comprise the determination of the satellite velocity as the availability of a velocity value provides additional options while determining the distance between the satellite and a ground station and/or controlling the position of the satellite.

[0004] It is therefore an object of the invention to provide a ranging system and method which is capable of measuring precisely the distance between a ground station and a satellite on the basis of a digitally modulated signal.

[0005] It is a further object of the invention to provide a ranging system which, additionally or separately, is capable of measuring the relative velocity between a ground station and a satellite on the basis of a digitally modulated signal.

[0006] The above object is achieved by a ranging system for determining ranging information of a satellite comprising a first receiving arrangement for receiving a transport stream signal suitable for being transmitted to the satellite and for outputting a first output signal; a second receiving arrangement for receiving said transport stream signal transmitted from the satellite and for outputting a second output signal; and processing means for receiving the first and second output signals of the first and second receiving arrangements, for tracing a predetermined signal pattern in said first and said second output signal and for determining the delay between the first and second output signals on the basis of said tracing of the signal pattern.

[0007] According to the invention the first and second receiving arrangements are identical regarding struc-

ture and components, i.e. regarding the influence upon the processed signal which for this reason can be assumed to be identically processed, at least with respect to time, in the first and the second receiving arrangement.

[0008] Advantageously, the first and second receiving arrangements comprise a tuner, a demodulator and a decoder, the output signals generated by receiving arrangements being a decoded digital signal. The structure and components of the first and second decoding arrangements are, therefore, identical so that the decoding arrangements introduce the same delay into signals.

[0009] It is an essential aspect of the invention to propose the use of identical decoding arrangements for decoding the nondelayed and the delayed digital transport stream signals. It has been found that using decoding arrangements of identical structure provides sufficient accuracy for performing precise ranging operations.

[0010] Alternatively, but nonetheless advantageously, the first and second receiving arrangements comprise a first and a second tuner, respectively, the output signals generated by said tuners being an analogue signal. The processing means comprise a first and a second processor for receiving the analogue output signals, respectively, for sampling the analogue output signals to obtain a first and a second series of sampled values and for outputting a first and a second trigger signal.

[0011] The processors should be understood to be either a microprocessor or microprocessor circuit with a suitable programming, a logic circuit or a similar device capable of performing the required task.

[0012] As the distance calculation is based on a time delay, said processing means further comprise a time measurement circuit for receiving said first trigger signal and said second trigger signal from said first and second processors and for measuring the time between said first and said second trigger signal.

[0013] Preferably, said processing means further comprise a clock circuit for providing time information to said first and second processors and/or to said time measurement circuit.

[0014] Especially for implementation at an uplink site, said first and second receiving arrangements are connected to a satellite antenna for transmitting a signal to said satellite and for receiving a signal from said satellite. Further, said first and second receiving arrangements, said first and second processors, said time measurement circuit and said clock circuit are provided at a ground station further comprising a multiplexer/encoder receiving a plurality of digital payload signals and generating a digital transport stream signal, a modulator for modulating said digital transport stream signal, such modulated digital transport stream signal being supplied to said first decoding arrangement, an upconverter for converting said digital transport stream signal into a signal suitable for being supplied to said satellite antenna and a downconverter for receiving a signal from said satellite antenna and for supplying a modulated digital

transport stream signal to said second decoding arrangement.

[0015] As an alternative, said processing means may comprise a first time measurement circuit for receiving said first trigger signal from said first processor and time information from a first clock circuit and a second time measurement circuit for receiving said second trigger signal from said second processor and time information from a second clock circuit, wherein said second time measurement circuit transmits the received time information to said first time measurement circuit for measuring the time between said first and said second trigger signal.

[0016] Said first receiving arrangement may be connected to a first satellite antenna for transmitting a signal to said satellite and wherein said second receiving arrangement is connected to a second satellite antenna for receiving a signal from said satellite.

[0017] As two measurements are performed at different locations said first decoding arrangement, said first processor, said first time measurement circuit and said first clock circuit are provided at a first ground station further comprising a multiplexer/encoder receiving a plurality of digital payload signals and generating a digital transport stream signal, a modulator for modulating said digital transport stream signal, such modulated digital transport stream signal being supplied to said first decoding arrangement, and an upconverter for converting said digital transport stream signal into a signal suitable for being supplied to said first satellite antenna. Then, said second receiving arrangement, said second processor, said second time measurement circuit and said second clock circuit are provided at a second ground station further comprising a downconverter for receiving a signal from said second satellite antenna and for supplying a modulated digital transport stream signal to said second decoding arrangement.

[0018] The above object is also achieved by a ranging method comprising the steps of receiving a modulated digital signal, which is based on a digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and/or DVB standards, and obtaining a first received digital signal; tracing a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the first received digital signal and generating a first trigger signal upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences; receiving a delayed modulated digital signal, which is based on said digital transport stream and which is delayed due to travelling along a transmission path, and obtaining a second received digital signal; tracing a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the second received digital signal and to generate a second trigger signal upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences; and determining the delay on the basis of the first and second trigger signals.

[0019] The trigger signals are used to start and stop a timer in order to measure the time delay.

[0020] In a further step time stamp information is ob-

tained from a suitable synchronised clocks and processed together with the delay.

[0021] In an alternative embodiment, first time stamp information is obtained upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the first received digital signal, second time stamp information is obtained upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the second received digital signal and the delay is determined on the basis of the first and second trigger signals as well as the first and second time stamp information. Again, it is essential to precisely synchronise the clock circuits providing the time stamp information.

[0022] An alternative method for determining ranging information of a satellite according to the invention comprises the steps of: receiving a modulated digital signal, which is based on a digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and/or DVB standards, and obtaining a first received analogue signal; sampling the first received analogue signal and obtaining a first series of sampled values; tracing in said first series of sampled values a signal pattern caused by a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the first received analogue signal and generating a first trigger signal upon detection of the predetermined signal pattern; receiving a delayed modulated digital signal, which is based on said digital transport stream and which is delayed due to travelling along a transmission path, and obtaining a second received analogue signal; sampling the second received analogue signal and obtaining a second series of sampled values; tracing in said second series of sampled values a signal pattern caused by a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the second received analogue signal and to generate a second trigger signal upon detection of the predetermined signal pattern; and determining the delay on the basis of the first and second trigger signals.

[0023] The above further object is achieved by a ranging system for measuring the relative velocity between a ground station and a satellite on the basis of a digitally modulated signal comprising a reference timing means for driving a first digital counting means generating first counter values at a first frequency, a reading/inserting means for reading a momentary counter value of the digital counting means and for inserting said value into said digitally modulated signal, a transmitting means transmitting said digitally modulated signal including the counter value to a satellite, a receiving means for receiving said digitally modulated signal including the counter value from said satellite, an extracting means for extracting the counter value from the received signal, and a second digital counting means being controlled on the basis of said extracted counter value and generating second counter values at a second frequency, the velocity of the satellite being determined on the basis of the deviation between the first and second frequency.

[0024] In an advantageous embodiment the reference timing means is a clock. Further, additional timing

means can be provided for driving said second digital counting means, especially if the signal from the satellite is received at a remote receiving station. The ranging system according to the invention is especially suited for being used with a digitally modulated signal which is a digital data stream (DS), especially according to a standard like MPEG/DVB.

[0025] Further, the above second object is achieved by a method for measuring the relative velocity between a ground station and a satellite on the basis of a digitally modulated signal comprising the steps driving a first digital counting means with a reference timing means, reading a momentary counter value of said first digital counter means generating first counter values at a first frequency, inserting said value into said digitally modulated signal, transmitting said digitally modulated signal including the counter value to a satellite, receiving said digitally modulated signal including the counter value from said satellite, extracting the counter value from the received signal, controlling on the basis of said extracted counter value a second digital counting means generating second counter values at a second frequency, and determining the velocity of the satellite on the basis of the deviation between said first frequency and second frequency.

[0026] For further details of preferred embodiments, reference is made to claims.

[0027] In the following an embodiment of the invention will be described in greater detail and with reference to the drawings.

Fig. 1 shows a diagram of a transport stream according to the MPEG-2 standard.

Fig. 2 shows a first embodiment of a ranging system according to the invention.

Fig. 3 shows a second embodiment of a ranging system according to the invention.

Fig. 4 shows a third embodiment of a ranging system according to the invention.

Fig. 5 shows a fourth embodiment of a ranging system according to the invention.

Fig. 6 shows an additional aspect related to the ranging system according to the invention.

[0028] The process of broadcasting digital video, audio and data signals can be understood to be divided into two subprocesses. The first sub-process relates to the MPEG-2 standards and comprises the processing of elementary digital data streams, including data compression and stream multiplexing, to generate a digital transport stream (TS) the format of which is shown in Fig. 1. The second sub-process deals with error correction schemes which are necessary to achieve a reliable

transmission via transmission channels having low S/N ratios.

[0029] In Fig. 1 the structure of the MPEG-2 transport stream TS is shown. The transport stream TS is a sequence of packets basically consisting of a header H (4 Bytes) and a payload F (184 Bytes). The header H includes synchronisation information (1 Byte), various flags (transport error indicator, payload unit start indicator, transport priority, etc.), a payload identification PID (13 Bits) and a continuity counter (4 Bits). The payload identification PID is required for demultiplexing the individual elementary data streams. An adaptation field is optional but is transmitted at least every 0.1 s and contains ancillary program data especially a program reference clock PCR for regeneration of a 27 MHz clock at the receiving side.

[0030] Subsequently, the transport stream TS is processed according to different standards depending on the transmission channel. For transmission via satellites the European DVB satellite standard (DVB-S) may be applied defining inter alia convolutional and Reed-Solomon coding as well as additional error control bits to be added to allow forward error correction (FEC). Similarly, European DVB standards exist for terrestrial (DVB-T) and cable (DVB-C) broadcasting.

[0031] According to a first and second preferred embodiment of the invention a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the transport stream TS, which is a digital signal, are used to generate trigger signals on the basis of which the delay introduced into the transport stream by the travel path from a satellite ground station to the satellite and back to the same or another satellite ground station is determined allowing a calculation of the distance between the ground station (s) and the satellite. The predetermined bit sequence or group of bit sequences may be inserted into the transport stream TS at the uplink site, for example as a specific payload P. In order to avoid insertion of additional packets the program identification PID or part of it may be used as a predetermined bit sequence. Some PIDs must be present in the transport stream TS but may have a repetition rate which is too high for the purpose of determining ranging information. Then, the PID may be combined with other information of the transport stream header H, e.g. the continuity counter, in order to define a predetermined bit sequence or group of bit sequences.

[0032] According to the principles of the first and second preferred embodiment of the invention, receiving arrangements 7, 7' as shown in Fig. 2 and 3, receive a digital transport stream signal suitable for being transmitted to a satellite and output a first and a second digital output signal O and O'. These signals are input into processing means 8, 8' which trace the predetermined bit sequence or group of bit sequences in said first and said second digital output signals and determine the delay between the first and second digital output signals on the basis of said tracing of the bit sequence or group

of bit sequences. Each of the receiving arrangements 7, 7' comprises a tuner 71, 71', a demodulator 72, 72', and a decoder 73, 73'. The processing means 8, 8' performs the tracing operation on bit level although the bit stream processed by the processing means 8, 8' may vary.

[0033] With reference to Fig. 2 further details of the first embodiment will be described. Fig. 2 shows a ground station 1 comprising a multiplexer/encoder 2, a QPSK modulator 3, an upconverter 4 and a satellite antenna 5. Digital payload signals 6-1 to 6-n are elementary data streams and are fed to a multiplexer/encoder 2 which converts the plurality of digital payload signals into a single digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and DVB standards as described above with reference to Fig. 1. The digital transport stream is modulated by the QPSK modulator 3 and fed to the upconverter 4 which represents in Fig. 2 the equipment necessary to convert the output of the QPSK modulator 3 into a signal that can be fed to the satellite antenna 5 for transmission to the satellite. Typically, such equipment comprises frequency converters, high power amplifiers etc.

[0034] The output signal of the QPSK modulator 3, i. e. the modulated digital transport stream is also fed to a first receiving/decoding arrangement 7 comprising a first tuner 71, a first QPSK demodulator 72 and a first decoder 73. The output signal of the first receiving/decoding arrangement 7 is a digital transport stream which can be processed on bit level. The digital output signal of the first receiving/decoding arrangement 7 is fed to a first processor 8 which analyses the digital output signal of said first receiving/decoding arrangement 7 to trace a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the digital output signal of the first receiving/decoding arrangement 7.

[0035] If the processor 8 traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the digital output signal O of the first receiving/decoding arrangement 7 it sends a start signal START to a time measurement circuit 9. Upon receipt of the start signal START the time measurement circuit 9 commences to measure the time until it receives a stop signal STOP.

[0036] The stop signal STOP is generated by a second processor 8' receiving a digital output signal O' from a second receiving/decoding arrangement 7' which comprises a second tuner 71', a second QPSK demodulator 72' and a second decoder 73'. The first and second receiving/decoding arrangements 7 and 7' are identical regarding their structure and components. The input signal to the second receiving/decoding arrangement 7' is supplied from a downconverter 10 which receives a signal from the satellite antenna 5 and which comprises all the equipment necessary to convert the received signal from the satellite antenna 5 into a signal corresponding to the output signal of the QPSK modulator 3. However, as the signal has travelled from the satellite antenna 5 to the satellite and back, the received signal is delayed. Apart from the delay the digital output signal

O of the second decoding arrangement 7' is identical to the digital output signal of the first decoding arrangement 7 if receiving/decoding arrangements 7, 7' having identical structure and components are provided.

[0037] For generating the stop signal STOP the second processor 8' traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the digital output signal O' of the second receiving/decoding arrangement 7'. Upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences the second processor 8' sends the stop signal STOP to the time measurement circuit 9 which stops the time measurement. The measured time corresponds to the distance between the ground station 5 and the satellite.

[0038] As two identical receiving/decoding arrangements 7 and 7' are provided the measured time corresponds to the delay between the transmitted signal and the received signal introduced by the signal travel path from the satellite antenna to the satellite and back. Therefore, the distance between the ground station and the satellite can be determined on the basis of the measured time. Delays introduced by the components of the receiving/decoding arrangements can be neglected as the same delay is introduced by the first and by the second receiving/decoding arrangement. The influence of the upconverter 4 and of the downconverter 10 can be taken into account as the delay introduced thereby can easily be measured with other measurement equipment, i. e. is known.

[0039] In this first embodiment the uplink path and the downlink path are provided at a single ground station so that the signal is transmitted and received at the same location. Therefore, there is no need for time synchronization with respect to distance measurements. When, however, two or more ground stations are used to determine the position of a satellite on the basis of individually measured distances it is necessary to synchronize the clocks at the ground stations in order to ensure that the measurements are performed at almost the same time or that the moment of the individual measurement is known (time stamp information). Otherwise the satellite may have substantially changed its position when the time intervals between the individual measurements are too large. However, in view of the maximum satellite velocity of approx. 2 m/s the accuracy needed is not very high. As described further below, the satellite velocity can also be determined and can be taken into account.

[0040] A sufficient synchronization is possible when clock circuits on the basis of the Global Positioning System GPS are used. But also other clock circuits providing a similar synchronization may be employed. In Fig. 2 a clock circuit 11 is shown which supplies time stamp information to the time measurement circuit 9. The time stamp contains information regarding the time of the measurement so that a plurality of measurements at the same or at different locations can be taken into consideration in combination.

[0041] With reference to Fig. 3 details of the second

embodiment of a ranging system according to the invention will be described. Fig. 3 shows an first ground station 1 which in many aspects is identical to the ground station of the first embodiment. Therefore, the same reference signs will be used in the following. The first ground station 1 comprises a multiplexer/encoder 2, a QPSK modulator 3, an upconverter 4 and a first satellite antenna 5. Digital payload signals 6-1 to 6-n are elementary data streams and are fed to the multiplexer/encoder 2 which converts the plurality of digital payload signals into a single digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and DVB standards as described above with reference to Fig. 1. The digital transport stream is modulated by QPSK modulator 3 and fed to upconverter 4 which represents in Fig. 3 the equipment necessary to convert the output of the QPSK modulator 3 into a signal that can be fed to satellite antenna 5 for transmission to the satellite. Typically, such equipment comprises frequency converters, high power amplifiers etc.

**[0042]** The output signal of the QPSK modulator 3, i.e. the modulated digital transport stream is also fed to a first receiving/decoding arrangement 7 comprising a first tuner 71, a first QPSK demodulator 72 and a first decoder 73. The output signal O of the receiving/decoding arrangement 7 is a digital transport stream which can be processed on bit level. The digital output signal of the first decoding arrangement 7 is fed to a first processor 8 which analyses the digital output signal O of said first receiving/decoding arrangement 7 to trace a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the digital output signal of the first receiving/decoding arrangement 7.

**[0043]** If the first processor 8 traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the digital output signal of the first receiving/decoding arrangement 7, it sends a first trigger signal EMISSION to a time measurement circuit 9. Upon receipt of the first trigger signal EMISSION the time measurement circuit 9 registers the time stamp information (the emission time) supplied by a first clock circuit 11 at this instant.

**[0044]** Furthermore, Fig. 3 shows an second ground station 12 comprising a second satellite antenna 13 and a downconverter 10' which receives a signal from the second satellite antenna 13 and which comprises all the equipment necessary to convert the received signal from the satellite antenna 13 into a signal corresponding to the output signal of the QPSK modulator 3. However, as the signal has travelled from the first satellite antenna 5 via the satellite to the second satellite antenna 13, the received signal is delayed.

**[0045]** The output signal of the downconverter 10' is supplied to a second receiving/decoding arrangement 7' which comprises a second tuner 71', a second QPSK demodulator 72' and a second decoder 73'. The first and second receiving/decoding arrangements 7 and 7' are identical regarding their structure and components, i.e. regarding their influences upon the processed signal.

The output signal O' of the second receiving/decoding arrangement 7' is a digital signal and, apart from the delay, is identical to the digital output signal O of the first decoding arrangement 7.

**[0046]** The second processor 8' receives the digital output signal O' of the second receiving/decoding arrangement 7' and traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences. Upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences the second processor 8' sends a second trigger signal RECEPTION to a time measurement circuit 9' which registers the time stamp information supplied (the reception time) by a second clock circuit 11' at this instant.

**[0047]** In the second embodiment, the second time measurement circuit 9' transmits the time stamp information (the reception time) to the first time measurement circuit 9 which calculates the signal delay on the basis of the time stamp information received from the second time measurement circuit 9' and the time stamp information (the emission time) previously registered by the first time measurement circuit 9.

**[0048]** As two identical receiving/decoding arrangements 7 and 7' are provided the difference between the time stamps corresponds to the delay between the transmitted signal and the received signal introduced by the signal travel path from the first satellite antenna 5 via the satellite to the second satellite antenna 13. Delays introduced by the components of the receiving/decoding arrangements can be neglected as the same delay is introduced by the first and by the second receiving/decoding arrangement. The influence of the upconverter 4 and of the downconverter 10' can be taken into account as the delay introduced thereby can easily be measured with other measurement equipment, i.e. is known.

**[0049]** In this embodiment the uplink path and the downlink path are provided between the satellite and two separate ground stations so that the signal is transmitted and received at different locations. Therefore, it is necessary to synchronize the clock circuits 11 and 11'. Only if clock circuits 11 and 11' synchronized with high precision are used at the first and second ground station 1 and 12 the delay can be determined on the basis of the time stamp information.

**[0050]** The above described ranging systems carry out a ranging method comprising the following basic steps. In a first step a modulated digital signal, which is based on a digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and/or DVB standards, is received and decoded to obtain a first received digital signal. In a second step a predetermined bit sequence or group of bit sequences is traced in the first received digital signal and a first trigger signal is generated upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences. In a third step, which may at last partially be carried out in parallel to the first step, a delayed modulated digital signal, which is based on a digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and/or DVB standards, and which is delayed due to travelling

along a transmission path, is received and decoded to obtain a second received digital signal. In a fourth step a predetermined bit sequence or group of bit sequences is traced in the second received digital signal and a second trigger signal is generated upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences. In a fifth step the delay is determined on the basis of the first and second trigger signal. The trigger signals are used to start and stop a timer, respectively, in order to measure the time delay.

[0051] In a further step time stamp information is obtained from a suitable clock and processed together with the delay. Thereby, delays determined at different locations can be combined and evaluated relative to each other as the time stamp allows to use delay values measured at the same time. Synchronised clock circuits are necessary in this respect.

[0052] The ranging method according to the invention can be carried out at different locations of which one may be an uplink site of a satellite broadcasting system and another one may be reception site of said broadcasting system. Then, first time stamp information is obtained upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the first received digital signal, second time stamp information is obtained upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the second received digital signal and the delay is determined on the basis of the first and second trigger signals as well as the first and second time stamp information. It is essential to precisely synchronise the clock circuits providing the time stamp information.

[0053] According to a third and fourth preferred embodiment of the invention a predetermined signal pattern in the modulated transport stream, which is an analogue signal, is used to generate trigger signals on the basis of which the delay introduced into the transport stream by the travel path from a satellite ground station to the satellite and back to the same or another satellite ground station is determined allowing a calculation of the distance between the ground station(s) and the satellite. According to a first aspect, the predetermined signal pattern is caused by a bit sequence or group of bit sequences inserted into the transport stream TS at the uplink site, for example as a specific payload P. According to second aspect, the predetermined signal pattern is obtained merely by sampling the modulated digital transport stream, i.e. the analogue signal. Thereby, the insertion of additional packets into the transport stream can be avoided.

[0054] According to the principles of the third and fourth preferred embodiment of the invention, receiving arrangements 7, 7', basically consisting of a tuner as shown in Fig. 4 and 5, receive a modulated digital transport stream signal suitable for being transmitted to a satellite and output a first and a second output signal. These signals are input into processing means 8, 8' which sample the output signals to obtain and store a

series of sampled values. Further, the processors are arranged to trace a predetermined signal pattern in the series of samples of the first and said second output signals and to determine the delay between the first and second digital output signals on the basis of said tracing operation, which may also be understood as a correlating or matching process. The processing means 8, 8' performs the tracing operation on bit level as series of sampled values have been obtained and preferably stored.

[0055] With reference to Fig. 4 further details of the third embodiment will be described. Fig. 4 shows an first ground station 1 which corresponds in some aspects to the ground station of the first and second embodiments. Therefore, the same reference signs will be used in the following. As shown in Fig. 4 a ground station 1 comprises a multiplexer/encoder 2, a QPSK modulator 3, an upconverter 4 and a satellite antenna 5. Digital payload signals 6-1 to 6-n are elementary data streams and are fed to a multiplexer/encoder 2 which converts the plurality of digital payload signals into a single digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and DVB standards as described above with reference to Fig. 1. The digital transport stream is modulated by the QPSK modulator 3 and fed to the upconverter 4 which represents in Fig. 4 the equipment necessary to convert the output of the QPSK modulator 3 into a signal that can be fed to the satellite antenna 5 for transmission to the satellite. Typically, such equipment comprises frequency converters, high power amplifiers etc.

[0056] The output signal of the QPSK modulator 3, i.e. the modulated digital transport stream is also fed to a first receiving arrangement 7 which consists of a first tuner 700. The output signal of the first tuner 700 (receiving arrangement 7) is an analogue signal which can be processed and which corresponds to the digital transport stream. The output signal of the first tuner 700 is fed to a first processor 8 which samples the analogue signal to obtain and store a series of digital values representing the output signal of the tuner 700.

[0057] If the ranging operation is based on a signal pattern caused by a predetermined bit sequence or group of bit sequences the sampling and storing operation of processor 8 is carried out in an appropriate time relationship with the time of insertion or occurrence of the predetermined bit sequence or group of bit sequences into the digital transport stream. For example, the sampling operation should be started prior to the insertion or occurrence of the predetermined bit sequence or group of bit sequences but not too early in order to avoid an unnecessarily high number of samples. Thereby, the hardware requirements can be kept within a reasonable range. The sampling operation should not start delayed with respect to the expected signal pattern since in this case the analysis, which will be described further below, may be difficult if not impossible.

[0058] The processor 8 analyses the series of samples of the output signal of said first tuner and compares

it with a series of values determined on the basis of the predetermined bit sequence or group of bit sequences and the processing which takes place in the multiplexer/encoder 2 and the QPSK modulator 3. Thereby, the processor 8 indirectly traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the output signal of the first tuner 700. In other words, the processor traces a predetermined signal pattern in the tuner output signal.

**[0059]** If the predetermined signal pattern is traced, the first processor 8 sends a start signal START to a time measurement circuit 9. Upon receipt of the start signal START the time measurement circuit 9 begins to measure the time until it receives a stop signal STOP.

**[0060]** The stop signal STOP is generated by a second processor 8' receiving an output signal from a second receiving arrangement 7' which consists of a second tuner 700'. The first and second tuner 700 and 700' are identical regarding their structure and components. The input signal to the second tuner 700' is supplied from a downconverter 10 which receives a signal from the satellite antenna 5 and which comprises all the equipment necessary to convert the received signal from the satellite antenna 5 into a signal corresponding to the output signal of the QPSK modulator 3. However, as the signal has travelled from the satellite antenna 5 to the satellite and back, the received signal is delayed. Apart from the delay the output signal of the second tuner 700' is, for the purposes of the invention, identical to the output signal of the first tuner 700.

**[0061]** For generating the stop signal STOP the second processor 8' traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences, i.e. the predetermined signal pattern, in the output signal of the second tuner 700' in the same manner as the first processor 8. Upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences the second processor 8' sends the stop signal STOP to the time measurement circuit 9 which stops the time measurement. The measured time corresponds to the distance between the ground station 5 and the satellite.

**[0062]** As two identical receiving arrangements 7 and 7', i.e. the first and second tuner 700 and 700', are provided the measured time corresponds to the delay between the transmitted signal and the received signal introduced by the signal travel path from the satellite antenna to the satellite and back. Therefore, the distance between the ground station and the satellite can be determined on the basis of the measured time. Delays introduced by the components of the tuners can be neglected as the same delay is introduced by the first and by the second tuner. The influence of the upconverter 4 and of the downconverter 10 can be taken into account as the delay introduced thereby can easily be measured with other measurement equipment, i.e. is known.

**[0063]** As described above, the processors 8 and 8' are arranged to determine a signal pattern in the tuner output signal based on a predetermined bit sequence

or group of bit sequences and the known processing in the multiplexer/encoder 2 and the QPSK modulator 3. Alternatively, the first processor 8 may be set up to start the sampling/storing operation at any time to obtain a series of stored values corresponding to the first tuner output signal during the sampling/storing operation. Similarly, the second processor 8' may be set up to start the sampling/storing operation at a corresponding time to obtain a series of stored values corresponding to the second tuner output signal during the sampling/storing operation. The stored sample value series are compared to trace a match or correlation which is indicative of the time delay introduced into the signal by the traveling to the satellite and back. It should be noted that the storage requirements in the second processor 8' may be reduced if the sampling/storing operation is started only after a time which is almost equal but less than the expected delay of the signal. This alternative of the third embodiment also allows to combine the first and second processor into a single processing means avoiding the need for a time measurement circuit 9 since the delay can be determined on the basis of the sampling frequency used in the sampling operation.

**[0064]** In this embodiment the uplink path and the downlink path are provided at a single ground station so that the signal is transmitted and received at the same location. Therefore, there is no need for time synchronization with respect to distance measurements. When, however, two or more ground stations are used to determine the position of a satellite on the basis of individually measured distances it is necessary to synchronize the clocks at the ground stations in order to ensure that the measurements are performed at almost the same time or that the moment of the individual measurement is known (time stamp information). Otherwise the satellite may have substantially changed its position when the time intervals between the individual measurements are large. However, in view of the maximum satellite velocity of approx. 2 m/s the accuracy needed is not too high. As described further below, the satellite velocity can also be determined and can be taken into account.

**[0065]** As mentioned before, a sufficient synchronization is possible when clock circuits on the basis of the Global Positioning System GPS are used. But also other clock circuits providing a similar synchronization may be employed. In Fig. 4 a clock circuit 11 is shown which supplies time stamp information to the time measurement circuit 9. The time stamp contains information regarding the time of the measurement so that a plurality of measurements at the same or at different locations can be taken into consideration in combination.

**[0066]** With reference to Fig. 5 a fourth embodiment of a ranging system according to the invention will be described. Fig. 5 shows a first ground station 1 which in many aspects is identical to the ground station of the third embodiment. Therefore, the same reference signs will be used in the following. The first ground station 1 comprises a multiplexer/encoder 2, a QPSK modulator



3, an upconverter 4 and a first satellite antenna 5. Digital payload signals 6-1 to 6-n are elementary data streams and are fed to the multiplexer/encoder 2 which converts the plurality of digital payload signals into a single digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and DVB standards as described above with reference to Fig. 1. The digital transport stream is modulated by QPSK modulator 3 and fed to upconverter 4 which represents in Fig. 5 the equipment necessary to convert the output of the QPSK modulator 3 into a signal that can be fed to satellite antenna 5 for transmission to the satellite. Typically, such equipment comprises frequency converters, high power amplifiers etc.

[0067] The output signal of the QPSK modulator 3, i.e. the modulated digital transport stream is also fed to a first receiving arrangement 7 which consists of a first tuner 700. The output signal of the first tuner 700 (receiving arrangement 7) is an analogue signal which can be processed and which corresponds to the digital transport stream. The output signal of the first tuner 700 is fed to a first processor 8 which samples the analogue signal to obtain and store a series of digital values representing the output signal of the tuner 700.

[0068] If the ranging operation is based on a signal pattern caused by a predetermined bit sequence or group of bit sequences the sampling and storing operation of processor 8 is carried out in an appropriate time relationship with the time of insertion or occurrence of the predetermined bit sequence or group of bit sequences into the digital transport stream as mentioned above with respect to the third embodiment.

[0069] The processor 8 analyses the series of samples of the output signal of said first tuner and compares it with a series of values determined on the basis of the predetermined bit sequence or group of bit sequences and the way the signals are processed by the multiplexer/encoder 2 and the QPSK modulator 3. Thereby, the processor 8 indirectly traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the output signal of the first tuner 700. In other words, the processor traces a predetermined signal pattern in the tuner output signal.

[0070] If the processor 8 traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the tuner output signal it sends a first trigger signal EMISSION to a time measurement circuit 9. Upon receipt of the first trigger signal EMISSION the time measurement circuit 9 registers the time stamp information (the emission time) supplied by a first clock circuit 11 at this instant.

[0071] Furthermore, Fig. 5 shows a second ground station 12 comprising a second satellite antenna 13 and a downconverter 10' which receives a signal from the second satellite antenna 13 and which comprises all the equipment necessary to convert the received signal from the satellite antenna 13 into a signal corresponding to the output signal of the QPSK modulator 3. However, as the signal has travelled from the first satellite antenna 5 via the satellite to the second satellite antenna 13, the

received signal is delayed.

[0072] The output signal of the downconverter 10' is supplied to a second receiving arrangement 7' which consists of a second tuner 700'. The first and second tuners 700 and 700' are identical regarding their structure and components, i.e. regarding their influences upon the processed signal. The output signal of the second tuner 700' is an analogue signal and, apart from the delay, corresponds to the output signal of the first tuner 700.

[0073] The second processor 8' receives the output signal of the second tuner 700' and traces the predetermined bit sequence or group of bit sequences, i.e. the corresponding signal pattern. Upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences the second processor 8' sends a second trigger signal RECEPTION to a time measurement circuit 9' which registers the time stamp information supplied (the reception time) by a second clock circuit 11' at this instant.

[0074] In the fourth embodiment, the second time measurement circuit 9' transmits the time stamp information (the reception time) to the first time measurement circuit 9 which calculates the signal delay on the basis of the time stamp information received from the second time measurement circuit 9' and the time stamp information (the emission time) previously registered by the first time measurement circuit 9.

[0075] As two identical tuners are provided the difference between the time stamps corresponds to the delay between the transmitted signal and the received signal introduced by the signal travel path from the first satellite antenna 5 via the satellite to the second satellite antenna 13. Delays introduced by the components of the tuners can be neglected as the same delay is introduced by the first and by the second tuner. The influence of the upconverter 4 and of the downconverter 10' can also be neglected as the delay introduced thereby is minimal.

[0076] In this embodiment the uplink path and the downlink path are provided between the satellite and two separate ground stations so that the signal is transmitted and received at different locations. Therefore, it is necessary to synchronize the clock circuits 11 and 11'. Only if clock circuits 11 and 11' synchronized with high precision are used at the first and second ground station 1 and 12 the delay can be determined on the basis of the time stamp information.

[0077] The above described ranging systems of the third and fourth embodiment of the invention carry out a ranging method comprising the following basic steps. In a first step a modulated digital signal, which is based on a digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and/or DVB standards, is received and sampled to obtain a first series of sampled values of the modulated digital signal. In a second step a signal pattern corresponding to a predetermined bit sequence or group of bit sequences is traced in the first series of sampled values and a first trigger signal is generated upon detection of the signal pattern. In a third step, which may

at least partially be carried out in parallel to the first step, a delayed modulated digital signal, which is based on a digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and/or DVB standards, and which is delayed due to travelling along a transmission path, is received and sampled to obtain a second series of sampled values of the received modulated digital signal. In a fourth step a signal pattern corresponding to the predetermined bit sequence or group of bit sequences is traced in the second series of sampled values and a second trigger signal is generated upon detection of the signal pattern. In a fifth step the delay is determined on the basis of the first and second trigger signal. The trigger signals are used to start and stop a timer, respectively, in order to measure the time delay.

[0078] In a further step time stamp information is obtained from a suitable clock and processed together with the delay. Thereby, if required, delays determined at different locations can be combined and evaluated relative to each other as the time stamp allows to use delay values measured at the same time. Synchronised clock circuits are necessary in this respect.

[0079] The ranging method according to the invention can be carried out at different locations of which one may be an uplink site of a satellite broadcasting system and another one may be reception site of said broadcasting system. Then, first time stamp information is obtained upon detection of the signal pattern in the first tuner output signal, second time stamp information is obtained upon detection of the signal pattern in the second tuner output signal and the delay is determined on the basis of the first and second trigger signals as well as the first and second time stamp information. It is essential to precisely synchronise the clock circuits providing the time stamp information.

[0080] The invention may also be carried out by providing receiving means which comprise of a tuner and a demodulator. The output signal of such receiving means, i.e. the output signal(s) of the demodulator, for example the I and Q signals of a QPSK demodulator, is then fed to processing means which are adapted to trace a signal pattern in the demodulated signal. Therefore the above description of two basic alternative embodiments can be understood by those skilled in the art to describe also details of a ranging system having receiving means comprising a tuner and a demodulator.

[0081] Further, those skilled in the art will appreciate that it is advantageous to have available also information concerning velocity of a satellite in order to perform ranging measurements and/or position control of satellite. Therefore, a system and method for measuring the relative velocity of a satellite will be described which may be used separately but which is especially suitable for being used in combination with anyone of the systems and methods described above.

[0082] With reference to Fig. 6 a ranging system according to this aspect of the invention which is capable of measuring the relative velocity between a ground sta-

tion and a satellite on the basis of a digitally modulated signal will be described in the following. A reference station 100 comprises a reference timing means 101, for example a clock, which drives a digital counting means 102. In predetermined, preferably regular time intervals a reading/inserting means 103 reads the momentary value CNT of the digital counting means 102 and inserts the value into a digital data stream DS. The digital data stream DS including the counter value CNT is transmitted to a satellite 104 by transmitting means 105 of the reference station 100. The satellite 104 retransmits the digital data stream DS including the counter value CNT to be received by either the reference station 100 or any other receiving station 106 both of which being provided with respective receiving means 107, 107'.

[0083] In the reference station 100 and/or the receiving station 106 an extracting means 108, 108' is provided which extracts the counter value CNT from the received signal, i.e. separates the counter values CNT from the digital data stream DS. The extracted (separated) counter value CNT is used to control a replica counting means 109 in the reference station 100 and/or a replica counting means 109' in the receiving station 106. An additional timing means, for example a clock, (not shown in Fig. 6) may be used for supplying a driving signal to the replica counter means 109, 109' such that the extracted (separated) counter value CNT is sufficient for controlling the replica counter means 109, 109' at the times when the counter value CNT is extracted (separated) from the received signal, i.e. digital data stream DS. In the case of the ground station 100 the reference timing means 101 may be used instead of an additional timing means. This approach is advantageous as no further clock synchronisation is required since a single clock is used. In the case of the receiving station 106 additional timing means should be provided.

[0084] The frequency of the replica counting means 109, 109' differs from the frequency of the digital counting means 102 in the reference station due to the Doppler shift caused by the satellite motion relative to the reference station 100 and the receiving station 106, respectively. The frequency deviation can be determined at the reference station 100 and/or the receiving station 106 and the velocity of the satellite can be calculated.

[0085] With respect to the receiving station 106 it should be noted that it requires precise frequency synchronisation with the reference station 100, either directly (counting means 102) or via a common frequency standard, in order to determine the velocity of the spacecraft with the desired precision. Alternatively, a reference timing means may be provided also at the receiving station 106, which timing means drives a digital counting means also provided at the receiving station. Then, the timing means at the ground station 100 and at the receiving station 106 need to be synchronised. The means and methods for synchronising clocks at remote locations described above can be used also in the case of determining the relative velocity of a spacecraft.

Therefore reference is made to the above description and an additional description is omitted.

[0086] In a MPEG/DVB system the clock of the reference station provides a stable 27 MHz reference frequency clock with low phase noise. The clock values are converted and distributed according to the MPEG standard time stamp mechanism (PCR). Based on the received time stamps either the reference station 100 or the receiving station 106 can reconstruct the 27 MHz clock influenced by the motion of the satellite.

[0087] Typical Doppler shift for geostationary satellites are in the range of 0.1 to 0.5 Hz.

## Claims

1. Ranging system for determining ranging information of a receiver/transmitter in a communication channel, especially of a satellite comprising

- a first receiving arrangement (7) for receiving a transport stream signal suitable for being transmitted to said satellite and for generating a first output signal;
- a second receiving arrangement (7') for receiving a transport stream signal transmitted from said satellite and for generating a second output signal; and
- processing means (8, 8') for receiving said first and second output signals of said first and second receiving arrangements (7, 7'), for tracing a predetermined signal pattern in said first and said second output signal and for determining the delay between the first and second output signals on the basis of said tracing of the signal pattern.

2. Ranging system according claim 1, wherein said first receiving arrangement (7) comprises a first tuner (71), a first demodulator (72) and a first decoder (73), said first output signal generated by said first receiving arrangement (7) being a decoded digital signal, and wherein said second receiving arrangement (7') comprises a second tuner (71'), a second demodulator (72') and a second decoder (73'), said second output signal generated by said second receiving arrangement (7') being a decoded digital signal.

3. Ranging system according to claim 2, wherein said processing means comprise a first processor (8) for receiving said first decoded digital output signal and for outputting a first trigger signal (START, EMISSION) and a second processor (8') for receiving said second decoded digital output signal and for outputting a second trigger signal (STOP, RECEPTION).

4. Ranging system according to claim 3 wherein said processing means further comprise a time measurement circuit (9) for receiving said first trigger signal (START) and said second trigger signal (STOP) from said first and second processors (8, 8') and for measuring the time between said first and said second trigger signal (START, STOP).

5. Ranging system according to claims 3 or 4 wherein said processing means further comprise a clock circuit (11) for providing time information to said first and second processors (8, 8') and/or to said time measurement circuit (9).

6. Ranging system according to anyone of claims 2 to 5 wherein said first and second receiving arrangements (7, 7') are connected to a satellite antenna (5) for transmitting a signal to said satellite and for receiving a signal from said satellite.

7. Ranging system according to claim 6, wherein said first and second receiving arrangements (7, 7'), said first and second processors (8, 8'), said time measurement circuit (9) and said clock circuit (11) are provided at a ground station (1) further comprising a multiplexer/encoder (2) receiving a plurality of digital payload signals (6-1 ... 6-n) and generating a digital transport stream signal (DVB), a modulator for modulating said digital transport stream signal (DVB), such modulated digital transport stream signal being supplied to said first decoding arrangement (7), an upconverter (4) for converting said digital transport stream signal (DVB) into a signal suitable for being supplied to said satellite antenna (5) and a downconverter (10) for receiving a signal from said satellite antenna (5) and for supplying a modulated digital transport stream signal to said second decoding arrangement (7').

8. Ranging system according to claim 3, wherein said processing means further comprise a first time measurement circuit (9) for receiving said first trigger signal (EMISSION) from said first processor (8) and time information from a first clock circuit (11) and a second time measurement circuit (9') for receiving said second trigger signal (RECEPTION) from said second processor (8') and time information from a second clock circuit (11'), wherein said second time measurement circuit (9') transmits the received time information to said first time measurement circuit (9) for measuring the time between said first and said second trigger signal (EMISSION, RECEPTION).

9. Ranging system according to claim 8, wherein said first receiving arrangement (7) is connected to a first satellite antenna (5) for transmitting a signal to said satellite and wherein said second receiving ar-

rangement (7') is connected to a second satellite antenna (13) for receiving a signal from said satellite.

10. Ranging system according to claim 9, wherein said first receiving arrangement (7), said first processor (9), said first time measurement circuit (9) and said first clock circuit (11) are provided at a first ground station (1) further comprising a multiplexer/encoder (2) receiving a plurality of digital payload signals (6-1 ... 6-n) and generating a digital transport stream signal (DVB), a modulator for modulating said digital transport stream signal (DVB), such modulated digital transport stream signal being supplied to said first decoding arrangement (7), and an upconverter (4) for converting said modulated digital transport stream signal (DVB) into a signal suitable for being supplied to said first satellite antenna (5).

11. Ranging system according to claim 9 or 10, wherein said second receiving arrangement (7'), said second processor (8'), said second time measurement circuit (9') and said second clock circuit (11') are provided at a second ground station (12) further comprising a downconverter (10') for receiving a signal from said second satellite antenna (13) and for supplying a modulated digital transport stream signal to said second decoding arrangement (7').

12. Method for determining ranging information of a receiver/transmitter in a communication channel, especially of a satellite comprising the steps of:

- receiving a modulated digital signal, which is based on a digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and/or DVB standards, and obtaining a first received digital signal;
- tracing a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the first received digital signal and generating a first trigger signal upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences;
- receiving a delayed modulated digital signal, which is based on said digital transport stream and which is delayed due to travelling along a transmission path, and obtaining a second received digital signal;
- tracing a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the second received digital signal and to generate a second trigger signal upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences; and
- determining the delay on the basis of the first and second trigger signals.

13. Method according to claim 12, further comprising

the steps of starting a time measurement on the basis of the first trigger signal and stopping the time measurement on the basis of the second trigger signal.

14. Method according to claim 12 or 13, further comprising the step of obtaining time stamp information and processing the delay together with the time stamp information.

15. Method according to claim 12, further comprising the steps of:

- obtaining first time stamp information upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the first received digital signal;
- obtaining second time stamp information upon detection of the predetermined bit sequence or group of bit sequences in the second received digital signal; and
- determining the delay on the basis of the first and second trigger signals and the first and second time stamp information.

16. Method according to anyone of claims 12 to 15, further comprising the step of synchronising clock circuits providing the time stamp information.

17. Method according to anyone of claims 12 to 16, wherein the first and second received digital signals are regenerated digital transport streams.

18. Ranging system according claim 1, wherein said first receiving arrangement (7) comprises a first tuner (700), said first output signal generated by said first tuner (700) being an analogue signal, and wherein said second receiving arrangement (7') comprises a second tuner (700'), said second output signal generated by said second tuner (700') being an analogue signal.

19. Ranging system according to claim 19, wherein said processing means comprise a first processor (8) for receiving said first analogue output signal, for sampling said first analogue output signal to obtain a first series of sampled values and for outputting a first trigger signal (START, EMISSION) and a second processor (8') for receiving said second analogue output signal, for sampling said second analogue output signal to obtain a second series of sampled values and for outputting a second trigger signal (STOP, RECEPTION).

20. Ranging system according to claim 19 wherein said processing means further comprise a time measurement circuit (9) for receiving said first trigger signal (START) and said second trigger signal (STOP)

from said first and second processors (8, 8') and for measuring the time between said first and said second trigger signal (START, STOP).

21. Ranging system according to claims 19 or 20 wherein said processing means further comprise a clock circuit (11) for providing time information to said first and second processors (8, 8') and/or to said time measurement circuit (9).

22. Ranging system according to anyone of claims 19 or 21 wherein said first and second receiving arrangements (7, 7') are connected to a satellite antenna (5) for transmitting a signal to said satellite and for receiving a signal from said satellite.

23. Ranging system according to claim 22, wherein said first and second receiving arrangements (7, 7'), said first and second processors (8, 8'), said time measurement circuit (9) and said clock circuit (11) are provided at a ground station (1) further comprising a multiplexer/encoder (2) receiving a plurality of digital payload signals (6-1 ... 6-n) and generating a digital transport stream signal (DVB), a modulator for modulating said digital transport stream signal (DVB), such modulated digital transport stream signal being supplied to said first decoding arrangement (7), an upconverter (4) for converting said digital transport stream signal (DVB) into a signal suitable for being supplied to said satellite antenna (5) and a downconverter (10) for receiving a signal from said satellite antenna (5) and for supplying a modulated digital transport stream signal to said second decoding arrangement (7').

24. Ranging system according to claim 19, wherein said processing means further comprise a first time measurement circuit (9) for receiving said first trigger signal (EMISSION) from said first processor (8) and time information from a first clock circuit (11) and a second time measurement circuit (9') for receiving said second trigger signal (RECEPTION) from said second processor (8') and time information from a second clock circuit (11'), wherein said second time measurement circuit (9') transmits the received time information to said first time measurement circuit (9) for measuring the time between said first and said second trigger signal (EMISSION, RECEPTION).

25. Ranging system according to claim 24, wherein said first receiving arrangement (7) is connected to a first satellite antenna (5) for transmitting a signal to said satellite and wherein said second receiving arrangement (7') is connected to a second satellite antenna (13) for receiving a signal from said satellite.

26. Ranging system according to claim 25, wherein said first receiving arrangement (7), said first processor (8), said first time measurement circuit (9) and said first clock circuit (11) are provided at a first ground station (1) further comprising a multiplexer/encoder (2) receiving a plurality of digital payload signals (6-1 ... 6-n) and generating a digital transport stream signal (DVB), a modulator for modulating said digital transport stream signal (DVB), such modulated digital transport stream signal being supplied to said first decoding arrangement (7), and an upconverter (4) for converting said modulated digital transport stream signal (DVB) into a signal suitable for being supplied to said first satellite antenna (5).

27. Ranging system according to claim 25 or 26, wherein said second receiving arrangement (7'), said second processor (8'), said second time measurement circuit (9') and said second clock circuit (11') are provided at a second ground station (12) further comprising a downconverter (10') for receiving a signal from said second satellite antenna (13) and for supplying a modulated digital transport stream signal to said second decoding arrangement (7').

28. Method for determining ranging information of a receiver/transmitter in a communication channel, especially of a satellite comprising the steps of:

- receiving a modulated digital signal, which is based on a digital transport stream, for example according to the MPEG-2 and/or DVB standards, and obtaining a first received analogue signal;
- sampling the first received analogue signal and obtaining a first series of sampled values;
- tracing in said first series of sampled values a signal pattern caused by a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the first received analogue signal and generating a first trigger signal upon detection of the predetermined signal pattern;
- receiving a delayed modulated digital signal, which is based on said digital transport stream and which is delayed due to travelling along a transmission path, and obtaining a second received analogue signal;
- sampling the second received analogue signal and obtaining a second series of sampled values;
- tracing in said second series of sampled values a signal pattern caused by a predetermined bit sequence or group of bit sequences in the second received analogue signal and to generate a second trigger signal upon detection of the predetermined signal pattern; and
- determining the delay on the basis of the first

and second trigger signals.

29. Method according to claim 28, further comprising the steps of starting a time measurement on the basis of the first trigger signal and stopping the time measurement on the basis of the second trigger signal.

30. Method according to claim 28 or 29, further comprising the step of obtaining time stamp information and processing the delay together with the time stamp information.

31. Method according to claim 28, further comprising the steps of:

- obtaining first time stamp information upon detection of the predetermined signal pattern in the first series of sampled values of the first received analogue signal;
- obtaining second time stamp information upon detection of the predetermined signal pattern in the second series of sampled values of the second received analogue signal; and
- determining the delay on the basis of the first and second trigger signals and the first and second time stamp information.

32. Method according to anyone of claims 28 to 31, further comprising the step of synchronising clock circuits providing the time stamp information.

33. Ranging system for measuring the relative velocity between two stations of a communication channel, especially between a ground station and a satellite on the basis of a digitally modulated signal comprising a reference timing means (101) for driving a first digital counting means (102) generating first counter values at a first frequency, a reading/inserting means (103) for reading a momentary counter value (CNT) of the digital counting means and for inserting said value into said digitally modulated signal (DS), a transmitting means (105) transmitting said digitally modulated signal (DS) including the counter value (CNT) to a satellite (104), a receiving means (107, 107') for receiving said digitally modulated signal (DS) including the counter value (CNT) from said satellite (104), an extracting means (108, 108') for extracting the counter value (CNT) from the received signal, and a second digital counting means (109, 109') being controlled on the basis of said extracted counter value (CNT) and generating second counter values at a second frequency, the velocity of the satellite being determined on the basis of the deviation between the first and second frequency.

34. Ranging system according to claim 33, wherein

said reference timing means is a clock (101).

35. Ranging system according to claim 33 or 34, wherein additional timing means are provided for driving said second digital counting means (109, 109').

36. Ranging system according to any one of claims 33 to 35, wherein said digitally modulated signal is a digital data stream (DS), especially according to a standard like MPEG/DVB.

37. Method for measuring the relative velocity between a ground station and a satellite on the basis of a digitally modulated signal comprising the steps driving a first digital counting means (102) with a reference timing means (101), reading a momentary counter value (CNT) of said first digital counter means (102) generating first counter values at a first frequency, inserting said value into said digitally modulated signal (DS), transmitting said digitally modulated signal (DS) including the counter value (CNT) to a satellite (104), receiving said digitally modulated signal (DS) including the counter value (CNT) from said satellite (104), extracting the counter value (CNT) from the received signal, controlling on the basis of said extracted counter value (CNT) a second digital counting means (109, 109') generating second counter values at a second frequency, and determining the velocity of the satellite on the basis of the deviation between said first frequency and second frequency.

**FIG.1**

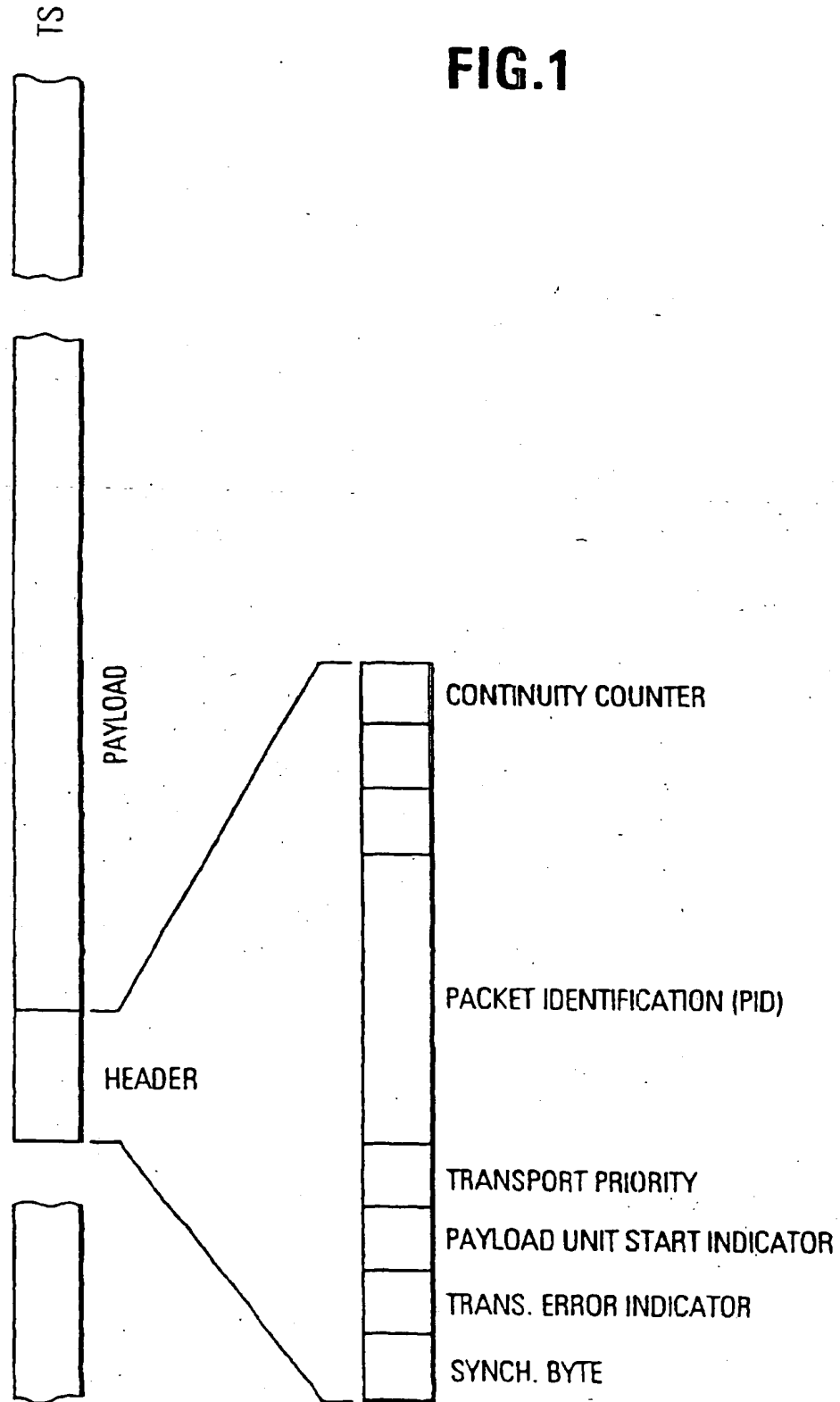


FIG.2

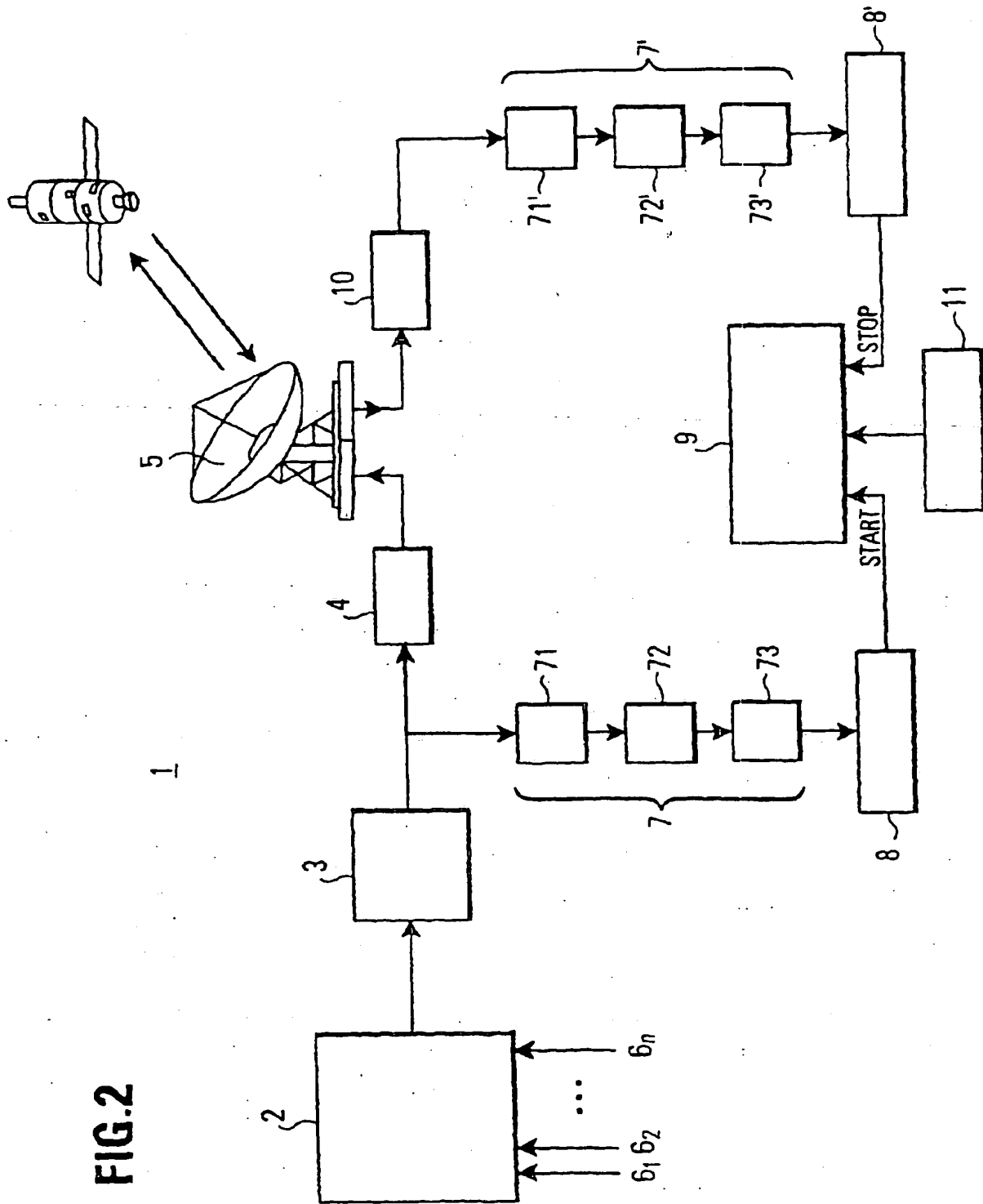




FIG.3

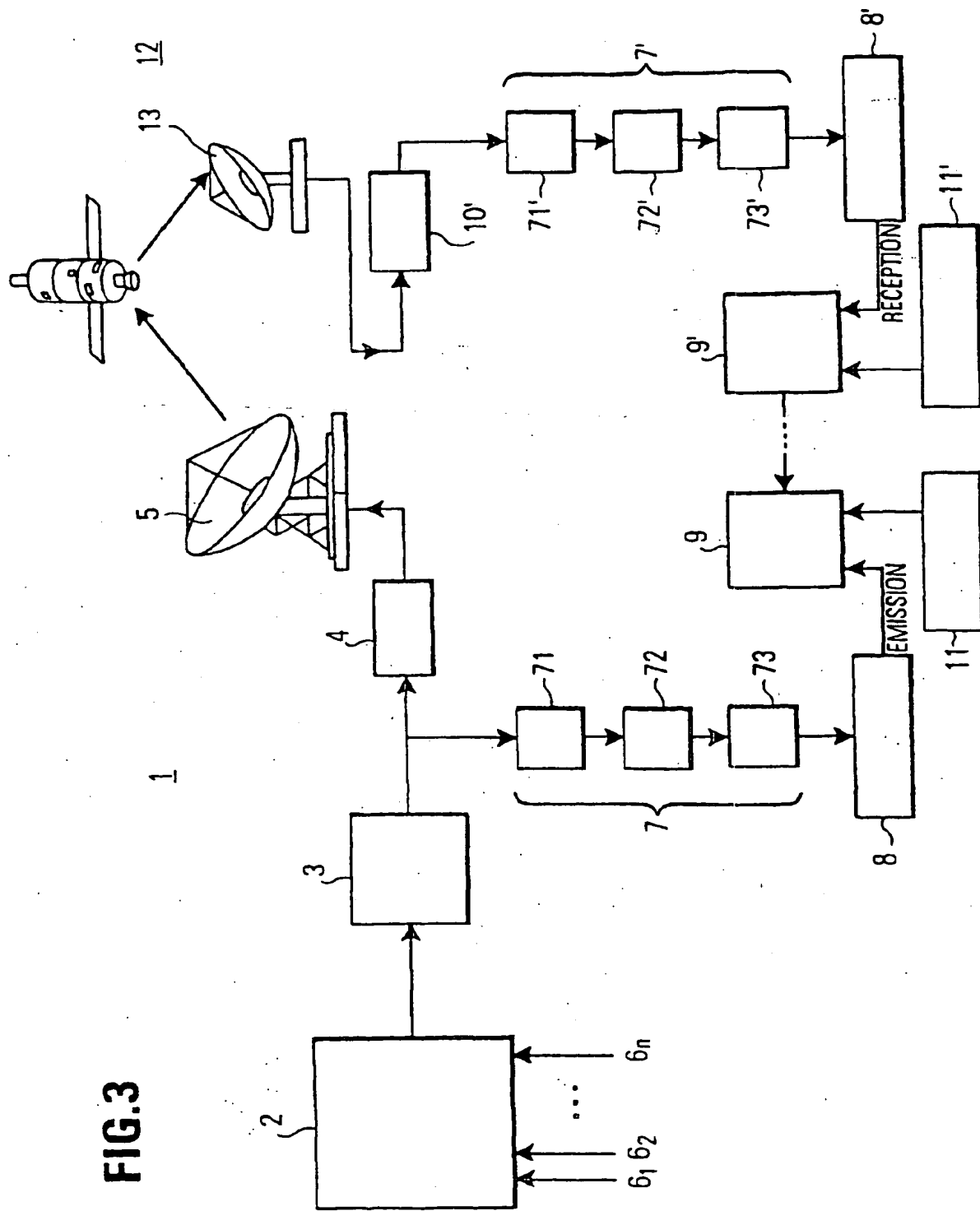


FIG.4

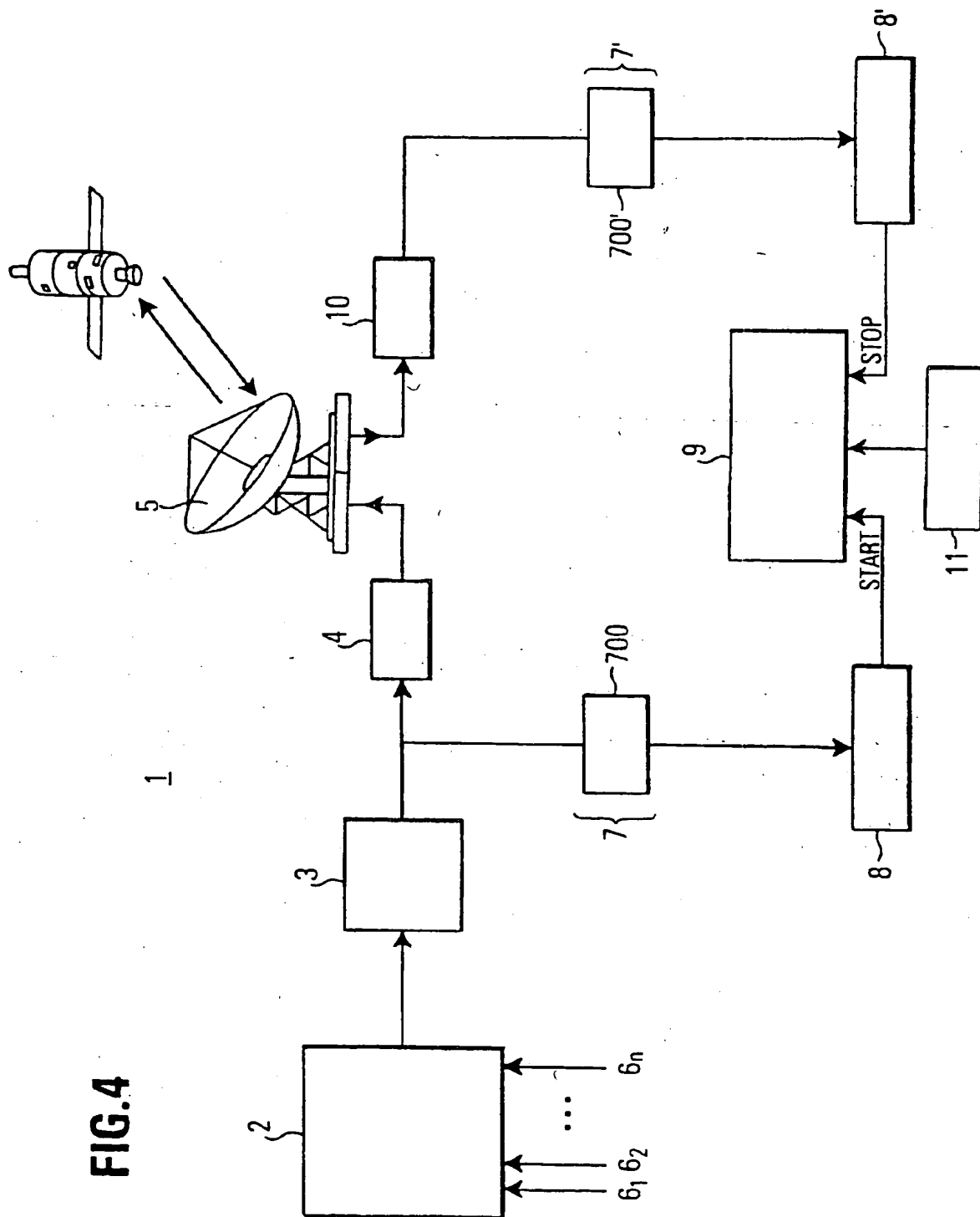


FIG.5

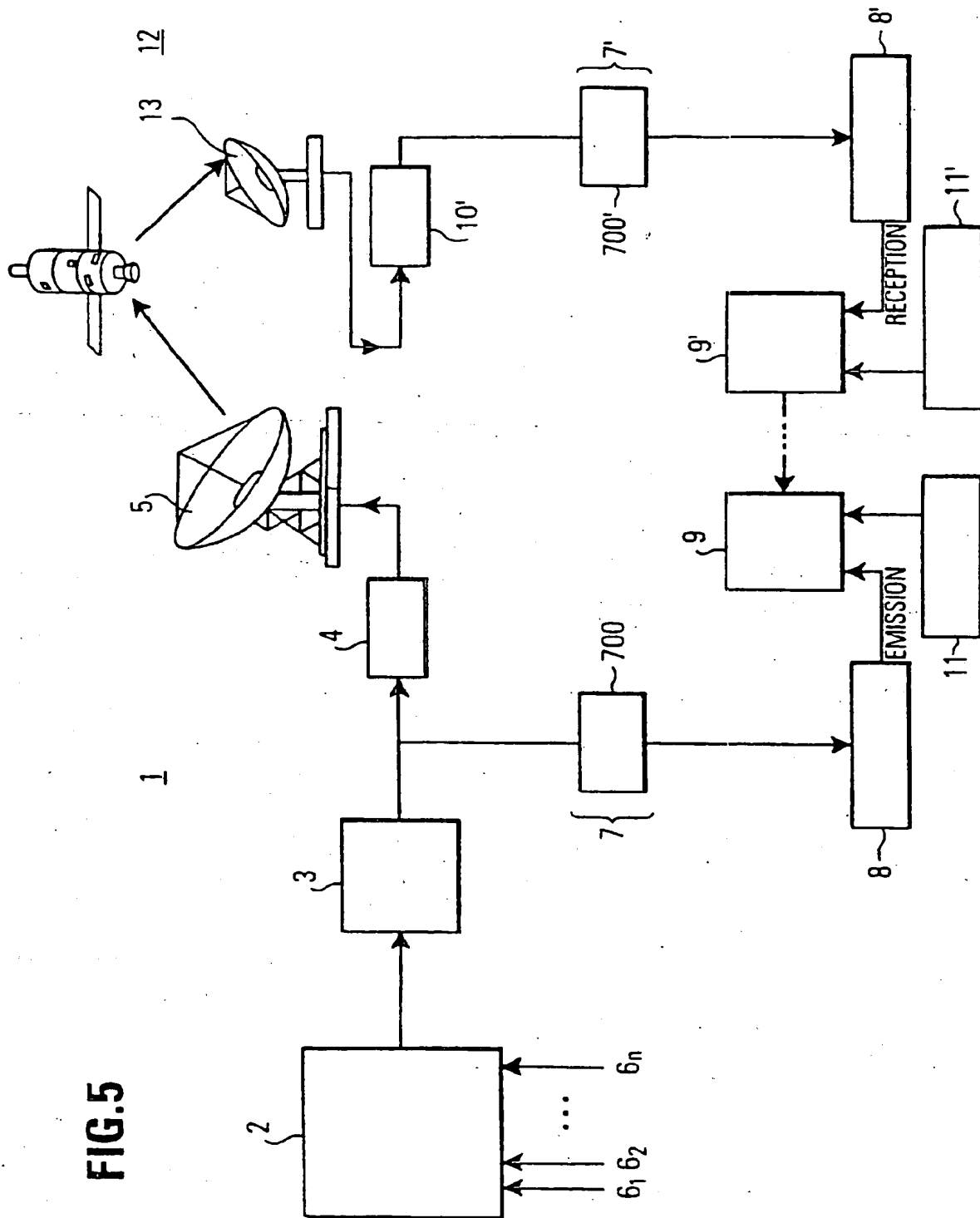
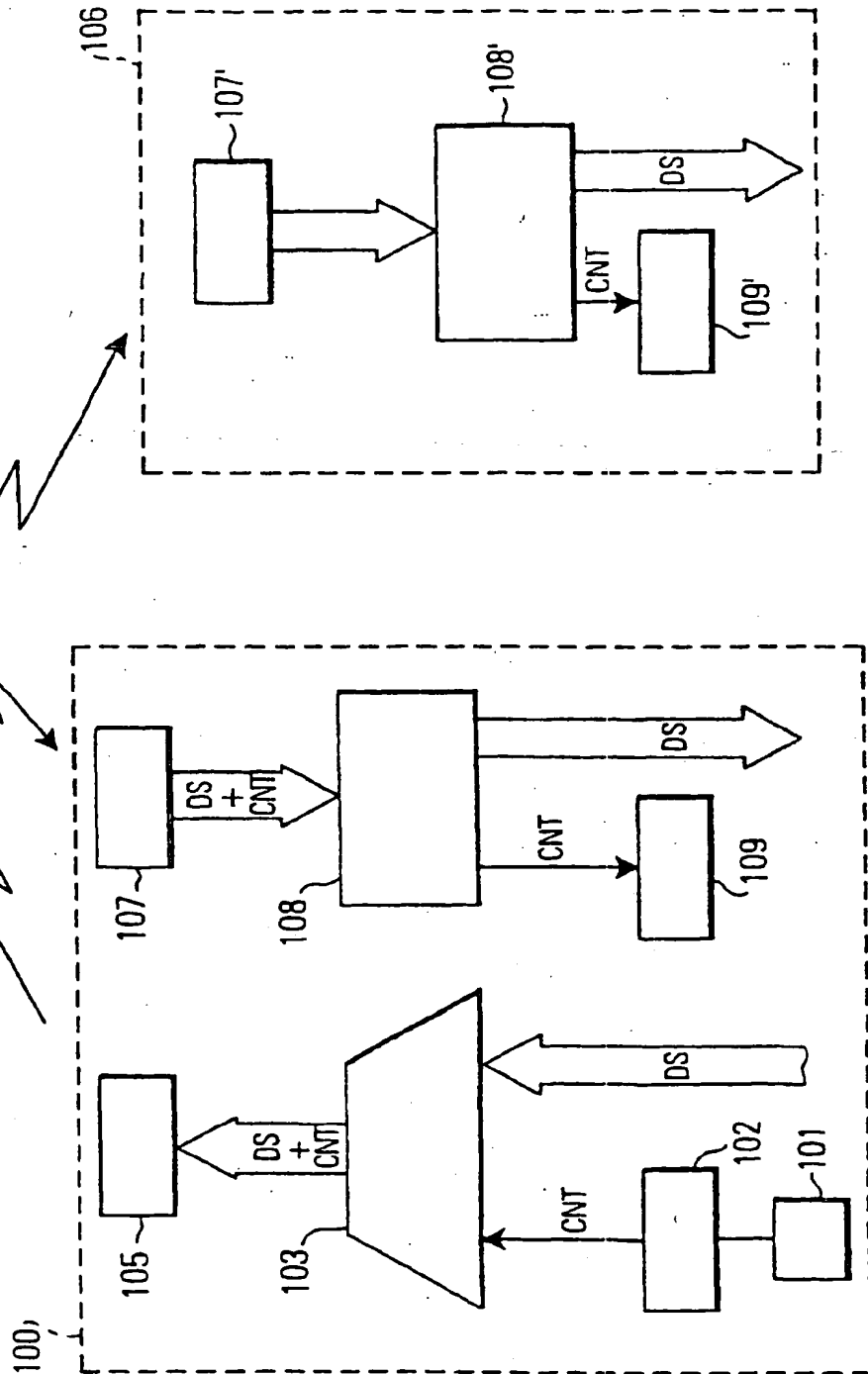


FIG. 6





European Patent  
Office

## EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number  
EP 99 10 1695

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION
A	WO 95 04942 A (INT TELECOMM SATELLITE) 16 February 1995 (1995-02-16) * abstract: figure 1 * * page 8, line 10 - page 9, line 26 * -----	1.12.28, 33,37	G01S13/32
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED
			G01S
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 8 July 1999	Examiner Zaccà, F
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X particular relevant if taken alone Y particular relevant if combined with another document of the same category A technological background O non-written disclosure P intermediate document T theory or principle underlying the invention E earlier patent document, but published on, or after the filing date C document cited in the application L document cited for other reasons S member of the same patent family corresponding document			

11010004 10000000 10000000

ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT  
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.

EP 99 10 1695

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

08-07-1999

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9504942 A	16-02-1995	US 5515056 A	07-05-1996
		CA 2145525 A,C	16-02-1995
		CN 1117315 A	21-02-1996
		EP 0664009 A	26-07-1995
		JP 8502592 T	19-03-1996

For more details about this annex, see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/32

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 041 397 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
04.10.2000 Patentblatt 2000/40

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: G01S 11/08

(21) Anmeldenummer: 00105464.2

(22) Anmeldetag: 15.03.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

- Eberlein, Ernst, Dipl.-Ing.  
91091 Grossenseebach (DE)
- Buchta, Rainer, Dipl.-Ing.  
91074 Herzogenaurach (DE)
- Gerhäuser, Heinz, Dr.-Ing.  
91344 Walschenfeld (DE)

(30) Priorität: 23.03.1999 DE 19913075

(71) Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur  
Förderung der angewandten Forschung e.V.  
80636 München (DE)

(74) Vertreter:  
Schoppe, Fritz, Dipl.-Ing.  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Patentanwälte  
Postfach 71 08 67  
81458 München (DE)

(72) Erfinder:  
• Heuberger, Albert, Dipl.-Ing.  
91056 Erlangen (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen des auf eine Zeitbasis bezogenen Auftrittszeitpunkt eines Informationsworts in einem codierten Signal und Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der Laufzeit eines codierten Signals von einem Sender zu einem Empfänger

(57) Zur Bestimmung des auf eine Zeitbasis bezogenen Auftrittszeitpunkt, zu dem ein vorbestimmtes Informationswort in einem codierten Signal auftritt, wobei ein Teil des Signale durch Codierung von dem Informationswort abgeleitet ist, und ein anderer Teil des Signale keine Beziehung zu dem Informationswort aufweist, wird das codierte Signal zunächst abgetastet (220), woraufhin die Abtastwerte in Zuordnung zu der Zeitbasis gespeichert werden (222). Ferner wird das codierte Signal decodiert (124), um eine decodierte Version des Signale, die das codierte/decodierte Informationswort aufweist, zu erhalten. Die decodierte Version des Signale wird mit dem bekannten Informationswort verglichen (224). Bei Auftreten des codierten/decodierten Informationsworte in der decodierten Version des Signale wird der Zeitpunkt des Auftretens bezüglich der Zeitbasis markiert (226), um einen Schätzauftrittszeitpunkt zu erhalten. Eine Korrelation (228) der gespeicherten Abtastwerte des codierten Signale mit einem Referenzsignal, das das codierte Informationswort aufweist, erlaubt die Bestimmung der Differenz zwischen dem markierten Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftretens des Korrelationsmaximums, um einen Korrekturwert zu erhalten. Der Schätzauftrittszeitpunkt und der Korrekturwert ergeben zusammen

den Auftrittszeitpunkt.

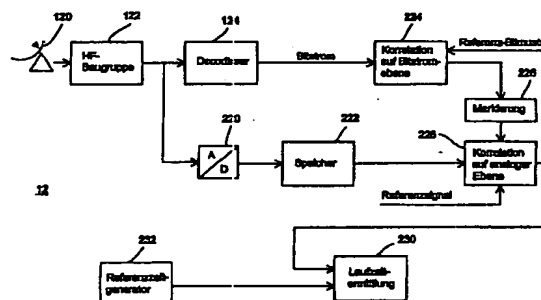


Fig. 2

EP 1 041 397 A2

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Bestimmen des auf eine Zeitbasis bezogenen Auftrittszeitpunkts eines Informationsworts in einem codierten Signal und insbesondere auf die Messung der Laufzeit eines Signals von einer Bodenstation zu einem Satelliten und wieder zurück zu einer Bodenstation, um eine Satelliten auf passive Art und Weise zu orten.

[0002] Fig. 1 zeigt ein System zum Messen der Position eines Satelliten 10 mittels dreier Bodenstationen 12, 14, 16. Das Signal, das über die Bodenstation 12 ausgesendet wird, stammt von einem MPEG-MUX-Modulator 18. Das Signal ist hier ein digitales Audiosignal oder ein digitales Videosignal, oder ein Multiplex bestehend aus mehreren solchen Signalen das nach einem MPEG-Standard codiert ist, wie es beispielsweise für DVB (Digital Video Broadcasting = digitaler Videorundfunk) oder für DAB (DAB = Digital Audio Broadcasting = digitaler Audiorundfunk) verwendet wird. Die Bodenstation 12 sendet das von dem MPEG-MUX-Modulator 18 erzeugte Signal zu dem Satelliten 10, der dasselbe einerseits wieder zurück zu der Bodenstation 12 und andererseits zu den Bodenstationen 14 und 16 sendet.

[0003] Zur dreidimensionalen Ortsbestimmung des Satelliten 10 sind mindestens drei Ortsmeßpunkte sowie eine Referenzmessung für das von der Bodenstation 12 zu dem Satelliten 10 gesendete Signal, das auch als Uplink-Signal (Uplink = "Verbindung nach oben") bezeichnet wird, nötig. Das Uplink-Signal wird zur Referenzmessung nach dem MPEG-MUX-Modulator 18 zu einer Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20 zurückgeführt. Dadurch werden ein Jitter, der durch den Modulator entsteht, sowie systematische Fehler kompensiert, da die gleiche Art der Messung für alle vier Zeitbestimmungseinrichtungen, d. h. die Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20, eine Zeitbestimmungseinrichtung 22, eine Zeitbestimmungseinrichtung 24 und eine Zeitbestimmungseinrichtung 26, verwendet wird. Das in Fig. 1 gezeigte System gliedert sich somit in die drei Bodenstationen 12, 14, 16, wobei den Bodenstationen 14 und 16 jeweils die Zeitbestimmungseinrichtung 24 bzw. 26 sowie vorzugsweise eine Absolutzeitbasis 25 bzw. 27 zugeordnet sind. Der Bodenstation 12, die als Sender und Empfänger fungiert, sind neben dem MPEG-MUX-Modulator 18 die Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20, die Zeitbestimmungseinrichtung 22 und ebenfalls vorzugsweise eine Absolutzeitbasis 23 zugeordnet. Das System umfaßt ferner drei Subtrahierer 30, 31, 32, wobei der Subtrahierer 30 einen Wert A ausgibt, während der Subtrahierer 31 einen Wert B ausgibt, und der Subtrahierer 32 einen Wert C ausgibt. Ein Eingang jedes Subtrahierers wird durch die Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20 gespeist, während der andere Ausgang eines Subtrahierers 30 bis 32 von der Zeitbestimmungseinrichtung 22, der Zeitbestimmungseinrichtung 24 bzw. der Zeitbestimmungseinrichtung 26

gespeist wird, wie es aus Fig. 1 ersichtlich ist.

[0004] Der Wert A entspricht somit der Laufzeit eines Signals von der Bodenstation 12 zu dem Satelliten 10 (Weg A1) und von dem Satelliten 10 wieder zu der Bodenstation 12 zurück (Weg A2). Die Laufzeit dieses Signals über den Weg A1 und den Weg A2 wird auch als Roundtrip-Laufzeit bezeichnet. Wichtig ist, daß die Laufzeit direkt von der Antenne der Bodenstation 12 zum Satelliten und von dort wieder zurück zu der Antenne 12 gemessen wird, und nicht von einem Eingang des MPEG-MUX-Modulators 18 aus, damit die tatsächliche Entfernung des Satelliten 10 von der Bodenstation 12 bestimmt werden kann, da der MPEG-MUX-Modulator eine variable Zeitverzögerung usw. haben kann. Aus diesem Grund wird die Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20 eingesetzt, die den Zeitpunkt bezüglich der Zeitbasis 23 bestimmt, zu dem das Signal den MPEG-MUX-Modulator verläßt, während die Zeitbestimmungseinrichtung 22 den Zeitpunkt bezüglich der Zeitbasis 23 bestimmt, zu dem das Signal wieder an der Bodenstation 12 ankommt. Die Differenz dieser beiden Werte, d. h. der Wert A, entspricht somit der Roundtrip-Laufzeit zwischen der Bodenstation 12 und dem Satelliten 10.

[0005] Auf ähnliche Art und Weise entspricht der Wert B der Laufzeit eines Signals über den Weg A1 von der Bodenstation 12 zu dem Satelliten und der Laufzeit des Signals von dem Satelliten 10 zu der Bodenstation 14 (Weg B2). Analog entspricht der Wert C der Laufzeit eines Signals von der Bodenstation 12 zu dem Satelliten 10 und wieder zurück von dem Satelliten 10 zu der Bodenstation 16 (Weg C2). Dadurch, daß an den Subtrahierern 31, 32 der durch die Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20 bestimmte Zeitpunkt bezüglich der Zeitbasis 23 von dem Wert subtrahiert wird, den die Zeitbestimmungseinrichtung 24 liefert, der auf die Zeitbasis 25 bezogen ist, entspricht der Wert B genau der Laufzeit über den Weg A1 und den Weg B2. Analoges gilt für den Wert C. Damit alle Zeitpunkte, die von den Zeitbestimmungseinrichtungen 20, 22, 24, 26 ausgegeben werden, gleiche Bezugswerte haben, müssen die Zeitbasen 23, 25, 27 aufeinander synchronisiert werden, was auf einfache Art und Weise dadurch erreicht werden kann, daß die drei Zeitbasen 23, 25, 27 Absolutzeitbasen, d. h. Uhren sind, die beispielsweise als Funkuhren ausgeführt sein können und somit zentral synchronisiert sind.

[0006] Wesentlich bei der Durchführung einer Positionsbestimmung des Satelliten 10 mittels des in Fig. 1 gezeigten Systems ist das Signal, das die einzelnen zeitbestimmungseinrichtungen 20, 22, 24, 26 verwenden, um bestimmte Zeitpunkte relativ zu einer Zeitbasis messen zu können. So könnte eine Korrelation von Signalen verwendet werden, die eine spezielle Modulation aufweisen, welche vorzugsweise eine Phasenmodulation mit einem bekannten Modulationsbitmuster sein kann. Eine Messung der Laufzeit wird durch Korrelation des empfangenen Signals mit einer Kopie dessel-



ben durchgeführt. Dieses Verfahren wird auch als Autokorrelation bezeichnet. Es ergibt als Korrelationspitze den Zeitpunkt der Ankunft, der auch als TOA (TOA = Time Of Arrival) bezeichnet wird. Dieses Signal wird parallel zu dem Nutzsignal übertragen, das Programm-  
 5 daten, wie z. B. Videodaten oder Audiodaten, umfaßt.

[0007] Moderne digitale Satellitensysteme, welche beispielsweise für das digitale Satellitenfernsehen eingesetzt werden, verwenden ein paketorientiertes Übertragungsprotokoll, um die Programminformationen oder  
 10 Programm- und Nutzdaten zu übertragen. Die Programm- und Nutzdaten werden auch als Nutzdaten oder Payload-Daten bezeichnet. Statt des parallelen Übertragens eines speziellen Ortsbestimmungssignals könnte auch ein kleiner Anteil der Nutzdaten verwendet werden, um bekannte  
 15 Sequenzen zwecks einer Ortsbestimmung eines Satelliten zu übertragen. Dieser kleine Anteil der Nutzdaten, der auch als Zeitmarke oder Informationswort bezeichnet wird, wird ebenfalls wie das Nutzsignal der Codierung durch den MPEG-MUX-Modulator 18 unterworfen. Bei modernen digitalen Übertragungssystemen wird eine Vorwärtsfehlerkorrektur eingesetzt, die auf einer  
 20 Energieverteilung über bestimmte Frequenzbänder oder Zeitschlitz, einer Verschachtelung und/oder einer Faltungscodierung aufbaut. Die Vorwärtsfehlerkorrektur wird auch als Kanalcodierung bezeichnet, die beispielsweise als Viterbi-Codierung oder als Reed-Solomon-Codierung implementiert sein kann, welche Fachleuten bekannt sind.

[0008] Prinzipiell wäre die Erfassung des Informationsworts, d. h. der Zeitmarke, auf Bitstromebene nach dem MPEG-Decodierer in der Bodenstation 14 oder 16 möglich. Bei üblichen Systemen wird hier die Zeitauf-  
 25 lösung jedoch zu gering sein. Außerdem können nicht-deterministische Signalverzögerungen in dem Decodierverfahren auftreten.

[0009] Für das in Fig. 1 gezeigte System wird eine Positionsgenauigkeit für den Satelliten 10 von 15 m benötigt. Unter der Annahme, daß die Empfangsorte 12, 14, 16 etwa 2000 km voneinander entfernt liegen, ergibt sich eine Genauigkeitsanforderung für die Zeitbestimmung von etwa 5 ns. Dieser Wert ist wesentlich kürzer als die Symboldauer der QPSK-modulierten Nutzsignale, die bei einer Transponder-Bandbreite (3  
 30 dB-Bandbreite) von 26 MHz etwa 50 ns beträgt. Eine Detektion auf Bitstream-Ebene, d. h. nach dem Decodierer in den Bodenstationen 12, 14, 16, ist daher unzureichend. Außerdem liefert der MPEG-Standard nur eine Zeitauflösung von 1/27 MHz (37 ns) für die Informationswörter bzw. Zeitmarken zur Zeitpunktbestimmung. Zusätzliche Probleme ergeben sich durch den Jitter, der durch die Schnittstellen, Modulatoren und Demodulatoren verursacht wird. Es würde daher, um eine ausreichende Sicherheit zu haben, eine Zeitauf-  
 35 lösung für die Korrelation mit einer Integrationszeit von 1 Sekunde von etwa 3 ns benötigt. Damit ist jedoch eine Korrelation auf MPEG-Bitstromebene aufgrund der

etwa 10 mal höheren Symbolzeit definitiv ausgeschlossen.

[0010] Eine Möglichkeit, um eine höhere Zeitauf-  
 40 lösung zu erhalten, würde darin bestehen, die Korrelation nicht auf Bitstromebene, sondern auf QPSK-Ebene durchzuführen. Diese Möglichkeit erfordert jedoch eine Signalverarbeitung mit sehr hoher Abtastfrequenz, die zu hoch ist, um in der Praxis in Echtzeit zufriedenstellend arbeiten zu können.

[0011] Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß, um eine ausreichende Genauigkeit zu erhalten, das Ortungssignal eine hohe Bandbreite haben muß, derart, daß die Pulse ausreichend definiert und natürlich  
 45 ausreichend kurz sind. Ferner benötigt eine Übertragung des Ortungssignals elektrische Leistung im Satelliten 10, was zu zusätzlichen Kosten führt, und zudem eine Funkfrequenzbandbreite erforderlich macht, die einerseits zur Verfügung gestellt werden müßte, und die andererseits in internationalen Gremien, wie z. B. der  
 50 ITU, koordiniert werden müßte, was zum einen langwierig und zum anderen arbeitsintensiv und teuer ist.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine genaue Bestimmung des Auftretenszeitpunkts eines vorbestimmten Informationsworts in einem codierten Signal und eine genaue Bestimmung  
 55 der Laufzeit eines Signals von einem Sender zu einem Empfänger zu schaffen, ohne daß zusätzliche Signalbandbreite benötigt wird, um die Voraussetzungen zur Ortsbestimmung eines Satelliten zu schaffen.

[0013] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 oder 15 und durch eine Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21 gelöst.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß zur Bestimmung des auf eine Zeitbasis bezogenen Auftretenszeitpunkts, zu dem ein vorbestimmtes Informationswort in einem codierten  
 40 Signal auftritt, ein zweistufiges Konzept einzusetzen ist, derart, daß einerseits ein Schätzauftrittszeitpunkt auf Bitstromebene nach dem Decodierer ermittelt wird, und daß andererseits ein Korrekturwert auf analoger Ebene, d. h. vor dem Decodierer, bestimmt werden muß, derart, daß einerseits der Vorteil der einfachen Bearbeitung auf  
 45 Bitstromebene und andererseits der Vorteil der hohen Auflösung, die dem codierten Signal zugeordnet ist, miteinander kombiniert werden können, um ein System zu erhalten, das trotz beliebiger Kanalcodierung, die selbstverständlich auch das vorbestimmte Informationswort, das Teil des Nutzsignals ist, abhängig von den an sich unbekannten benachbarten Nutzdaten auf irgend-  
 50 eine Art und Weise codiert, betrifft, genau, zuverlässig und mit begrenztem Aufwand arbeitet.

[0015] Hierzu wird zunächst das codierte Signal, das analog vorliegt, abgetastet, wonach die Abtastwerte in Zuordnung zu einer Zeitbasis gespeichert werden. Das codierte Signal wird ferner decodiert, um eine decodierte Version des Signals zu erhalten, die das  
 55 codierte/decodierte Informationswort aufweist. Die Position des Informationsworts in dem Signal ist jedoch

nicht bekannt und wird durch Vergleichen der decodierten Version des Signals mit dem bekannten Informationswort bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel auf Bitstromebene bestimmt. Bei Auftreten des codierten/decodierten Informationsworts in der decodierten Version des Signals wird der Zeitpunkt des Auftretens bezüglich der Zeitbasis markiert, um einen Schätzauftrittszeitpunkt zu erhalten. Damit ist die erste Stufe des Konzepts erreicht.

[0016] Da die Zeitauflösung der decodierten Version des Signals zu gering ist, wird als zweite Stufe zusätzlich eine Korrelation der gespeicherten Abtastwerte des codierten Signals und mit einem Referenzsignal, das das codierte Informationswort aufweist, durchgeführt, wobei bei Auftreten eines Korrelationsmaximums die Differenz zwischen dem markierten Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftretens des Korrelationsmaximums bestimmt wird, um einen Korrekturwert zu erhalten. Durch Kombination des Schätzauftrittszeitpunkts und des Korrekturwerts wird ein Auftrittszeitpunkt ermittelt, der auf beliebige Art und Weise auf eine Zeitbasis bezogen werden kann, um denselben mit anderen Zeitpunkten in Beziehung setzen zu können. Wird eine Differenzmessung durchgeführt, wie bei dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel, so könnte, wenn es praktisch machbar ist, ein erster Auftrittszeitpunkt einen Zähler starten, der so lange hochzählt, bis ein zweiter Auftrittszeitpunkt vorkommt. In diesem Falle wird keine absolute Zeitbasis benötigt, sondern lediglich eine relative Zeitbasis, die in der Taktfrequenz des Zählers besteht, derart, daß unabhängig von einer absoluten Zeit eine relative Zeitdauer bestimmt werden kann, die beispielsweise der Round-trip-Laufzeit eines Signals von einer Bodenstation zu einem Satelliten und wieder zurück zu einer Bodenstation entsprechen kann.

[0017] Die vorliegende Erfindung liefert eine Vielzahl von Vorteilen. So ist eine genaue Bestimmung des Auftrittszeitpunkts eines Informationswortes möglich, das jedoch im Gegensatz zu der Möglichkeit des Übertragens eines getrennten Positionsbestimmungssignals, Teil des Nutzsignals ist und somit lediglich die gleiche Bandbreite wie das Nutzsignal benötigt, das die Nutzdaten trägt. Es wird somit keine große Bandbreite bzw. keine zusätzliche Bandbreite benötigt, die zu genehmigen wäre. Weiterhin wird keine zusätzliche Sendeleistung an Bord des Satelliten in Anspruch genommen. Da die Informationsworte vorzugsweise kurze Sequenzen sind, fällt die Sendeleistung, die der Satellit benötigt, im Vergleich zu den eigentlichen Nutzdaten links und rechts neben dem Informationswort überhaupt nicht ins Gewicht. Da keine Eintastung in ein modulierte Signal durchgeführt werden muß, da die Eintastung der Zeitmarken oder vorbestimmten Informationswörter bereits vor dem Codierer stattfindet, ist der dazu erforderliche Schaltungsaufwand außerordentlich gering. Außerdem "kalibriert" das erfindungsgemäße Verfahren automatisch alle, auch nicht-

deterministische Verzögerungen von Codierer und Decodierer heraus, da die Verwendung des codierten Signals, d. h. des analogen Signals vor dem Decodierer, zur Ermittlung des Korrekturwerts noch keine Codiererverzögerungen erfahren hat. Das codierte Signal ist durch sehr schnelle konstant arbeitende Hochfrequenzbauteile, wie z. B. Mischer, usw. gleichmäßig und schnell verarbeitet worden ist, derart, daß die Laufzeiten bis zur Transformation des empfangenen HF-Signals in das Basisband entweder keine Rolle spielen oder aufgrund ihres linearen und konstanten Wesens ohne weiteres herausgerechnet werden können.

[0018] Ein weiterer wesentlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß eine "Off-Line"-Verarbeitung durchgeführt werden kann, derart, daß die Korrelation des hochabgetasteten Signals von der Abtastfrequenz, die zum Abtasten des analogen Basisbandsignals verwendet wird, gewissermaßen entkoppelt ist, da die Abtastwerte zwischengespeichert werden. Damit muß ein digitaler Signalprozessor, der die Korrelation der abgetasteten analogen Basisbandsignale mit einer Referenzsequenz durchführt, bei seiner Bearbeitungsgeschwindigkeit nicht auf irgendwelche anderen Bauteile Rücksicht nehmen. Derselbe kann beliebig langsam arbeiten und damit durch einen beliebig preisgünstigen Baustein realisiert werden. Das einzige Element, das relativ schnell arbeiten muß, ist der A/D-Wandler zum Abtasten des analogen Basisbandsignals. Es existiert jedoch eine Vielzahl von schnellen A/D-Wandler-Speicher-Kombinationen, die um den Bereich von 30 MHz arbeiten. Bei praktischen Ausführungsbeispielen genügen Abtastfrequenzen im Bereich von 30 MHz ohne weiteres, was ebenfalls den Zugriff auf übliche und nicht zu teure Bausteine ermöglicht. Die Bausteine auf Bitstromebene, wie z. B. ein Bitkomparator, können sehr preisgünstig realisiert werden, da sie nicht schnell arbeiten müssen.

[0019] Ein wesentlicher Vorteil der durch die vorliegende Erfindung ermöglichten, jedoch nicht obligatorischen, Off-Line-Verarbeitung besteht in der von Echtzeitanforderung getrennten Erzeugung des Referenzsignals, das dem digitalen Signalprozessor zugeführt wird. Da bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel das codierte Signal im Basisband ein komplexes Signal mit einer In-Phase-Komponente und einer Quadratur-Komponente ist, in dem das vorbestimmte Informationswort codiert ist, wobei die Codierung des Informationsworts jedoch aufgrund moderner Codierverfahren sehr stark von den Nachbarden zeitlich vor bzw. nach dem Informationswort oder auch von Daten in irgendeinem anderen Kanal, wenn an eine Mehrträgermodulation gedacht wird, abhängt, kann die Erzeugung des Referenzsignals unter Umständen relativ aufwendig sein. Das Referenzsignal kann jedoch ohne weiteres erzeugt werden, da am Ausgang des Decodierers die decodierten Bitstromdaten vorliegen, aus denen, ebenso wie bei dem im Sender angeordneten

Codierer wieder komplexe I/Q-Basisbandsignale im Empfänger erzeugt werden können. Da die Verarbeitung im digitalen Signalprozessor durch die Speicherung der empfangenen komplexen Basisbandsignale von der Abtastfrequenz zum Abtasten derselben entkoppelt ist, steht der erfindungsgemäßen Zeitbestimmungseinrichtung nahezu beliebig viel Zeit zur Verfügung, derart, daß auch relativ langsame und damit preisgünstige Bausteine zur Erzeugung des Referenzsignals eingesetzt werden können. Liegen jedoch ausreichend schnelle Prozessoren und Bausteine vor, so kann das erfindungsgemäße Konzept selbstverständlich auch in Echtzeit ausgeführt werden.

**[0020]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein System zum Bestimmen der Position eines Satelliten, auf das das erfindungsgemäße Konzept angewendet werden kann;
- Fig. 2 ein Prinzipblockschaltbild für eine Zeitbestimmungseinrichtung von Fig. 1;
- Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Zeitbestimmungseinrichtung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und
- Fig. 4 ein Blockschaltbild eines Systems mit einer Referenzzeitbestimmungseinrichtung und einer Zeitbestimmungseinrichtung von Fig. 1, um den Wert A, B oder C, d. h. eine Laufzeit eines Signals von einem ersten Ort zu einem zweiten Ort, zu messen.

**[0021]** Fig. 2 zeigt ein Prinzipblockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, mittels derer das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt werden kann. Sämtliche in Fig. 2 dargestellten Komponenten sind in einer Bodenstation, wie z. B. der Bodenstation 12, enthalten. Die Bodenstation 12 umfaßt neben einer Empfangsantenne 120 eine übliche Hochfrequenz-Baugruppe 122, die das von der Empfangsantenne 120 empfangene Hochfrequenzsignal vorzugsweise auf ein Basisbandsignal umsetzt, das durch einen Decodierer 124 decodiert wird, um bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung einen Bitstrom zu erhalten. Die Elemente 120, 122, 124 stellen keinen Teil der vorliegenden Erfindung dar und sind in jeder Bodenstation erforderlich.

**[0022]** Die anderen Funktionseinheiten, die in Fig. 2 dargestellt sind, sind Teil der Zeitbestimmungseinrichtung 20, 22, 24 oder 26. Die nachfolgende Beschreibung wird anhand der Zeitbestimmungseinrichtung 22 durchgeführt. Dieselbe umfaßt zunächst einen Analog/Digital-Wandler 220, der das Eingangssignal in den

Decodierer 124 abtastet und von einer analogen Form in eine digitale Form umwandelt, um das abgetastete digitalisierte codierte Signal in einem Speicher 222 zu speichern. Der von dem Decodierer 124 ausgegebene Bitstrom wird in eine Einrichtung 224 zur Durchführung einer Korrelation auf Bitstromebene eingespeist, in die gleichzeitig ein Referenz-Bitmuster, das das vorbestimmte Informationswort vor der Codierung darstellt, eingespeist wird. Die Einrichtung 224 ist vorzugsweise als einfacher Bitkomparator implementiert.

**[0023]** Wird eine Übereinstimmung eines Teils des Bitstroms mit dem Referenz-Bitmuster festgestellt, kann davon ausgegangen werden, daß zu diesem Zeitpunkt das vorbestimmte Informationswort in dem decodierten Bitstrom auftritt. Dieses Ereignis führt dazu, daß die Einrichtung 224 ein Signal zu einer Markierungseinrichtung 226 übermittelt, die einerseits eine Markierung bezüglich einer Zeitbasis (nicht dargestellt) durchführt, um bereits einen Schätzauftrittszeitpunkt des Informationsworts in dem codierten Signal zu erhalten. Andererseits aktiviert ein Ausgangssignal der Markierungseinrichtung 226 einen Korrelator 228 zur Durchführung einer Korrelation eines Referenzsignals mit dem abgetasteten digitalisierten und gespeicherten codierten Basisbandsignal.

**[0024]** Liefert der Korrelator 228 ein Korrelationsmaximum, so gibt derselbe ein Signal zu einer Einrichtung 230 zur Ermittlung der Laufzeit, wobei die Einrichtung 230 zur Ermittlung der Laufzeit ferner mit einem Referenzzeitgenerator 232 verbunden ist, der entweder die Absolutzeitbasis 23 sein kann, wenn eine Absolutzeitmessung durchgeführt werden soll, oder der die Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20 sein kann, wenn eine Differenzzeitmessung durchgeführt wird. Es sei darauf hingewiesen, daß die Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20 den gleichen Aufbau wie die Zeitbestimmungseinrichtung 22 haben kann. Eine Zeitbasis, bezüglich der die Markierungseinrichtung 226 das Auftreten des vorbestimmten Informationswort im Bitstrom zeitlich markiert, und bezüglich der der Korrelator 228 eine Korrelation in zeitlicher Rückwärtsrichtung mit den im Speicher 222 abgespeicherten Werten durchführt, um den Korrekturwert zu ermitteln, ist in Fig. 2 nicht dargestellt.

**[0025]** Fig. 3 zeigt ein etwas modifiziertes und zugleich detaillierteres Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Zeitbestimmungseinrichtung 22, die mit einem IRD-Empfänger 126 gekoppelt ist. Der IRD-Empfänger 126 (IRD = Integrated Receiver Decoder) ist üblicherweise als kommerzielles Bauteil verfügbar und weist einen ZF-Eingang 126a, einen IRD-Tuner 126b, eine Einrichtung 126c, die aus einem QPSK-Modulator und einem FEC-Decoder besteht (QPSK = Quaternary Phase Shift Keying = quaternäre Phasenumtastung; FEC = Forward Error Correction = Vorwärtsfehlerkorrektur), einen MPEG-Demultiplexer 126d und einen Bitstromausgang 126e auf.

**[0026]** Bei der digitalen Übertragung kann eine

Quaternär-Phasenumtastung verbunden mit einer Vorwärtsfehlerkorrektur verwendet werden. Das entsprechende codierte/modulierte Signal wird im Sender auf eine HF-Trägerfrequenz hochgemischt und übertragen, um in dem Empfänger schließlich wieder auf eine Zwischenfrequenz heruntergemischt zu werden. Das derart behandelte Zwischenfrequenzsignal wird dem ZF-Eingang des IRD-Empfängers 126 zugeführt. Es gelangt in den IRD-Tuner, der einerseits das ZF-Signal auf das Basisband umsetzt, und der andererseits ausgangsseitig die In-Phase-Komponente (I) und die Quadratur-Komponente (Q) liefert, die zusammen das codierte Signal bilden, in dem einerseits Nutzdaten codiert sind, und in dem andererseits auch Zeitmarken, d. h. vorbestimmte Informationswörter, codiert sind, um die erfindungsgemäße Positionsbestimmung durchzuführen zu können. Die IQ-Teilsignale werden in die Einrichtung 126c eingespeist, um zunächst die QPSK-Modulation rückgängig zu machen. Die Einrichtung 126c ist über einen Rückkopplungszweig 126f mit dem IRD-Tuner rückkopplungsmäßig verbunden, um sicherzustellen, daß der IRD-Tuner immer eine Umsetzung des Zwischenfrequenzsignals in das Basisband, d. h. auf eine Trägerfrequenz gleich Null, durchführt.

[0027] Die I-Komponente und die Q-Komponente des codierten Signals können anhand eines komplexen Zeigerdiagramms veranschaulicht werden. Sie bilden zusammen den komplexen Zeiger, der in der komplexen Ebene je nach modulierter Phase über einen Quadranten, über zwei Quadranten oder über drei Quadranten bewegt wird. Wäre der Rückkopplungszweig 126f nicht vorhanden, so könnte leicht der Fall auftreten, daß der IRD-Tuner keine vollständige Umsetzung des ZF-Signals auf die Frequenz Null erreicht. In diesem Fall würde der komplexe Zeiger zusätzlich zu der gerade beschriebenen Bewegung mit der "Basisbandfrequenz" in der komplexen Ebene rotieren. Selbstverständlich könnte diese Rotation auch durch die erfindungsgemäße Einrichtung im Sinne der Referenzsignalerzeugung berücksichtigt werden. Dies würde jedoch zu einem zusätzlichen Aufwand zum Erzeugen des Referenzsignals führen.

[0028] Das Ausgangssignal der Einrichtung 126 wird schließlich in den MPEG-Demultiplexer 126d eingespeist, der an sich bekannt ist, um den decodierten Bitstrom am Ausgang 126e zu erhalten. Der decodierte Bitstrom wird in den Bitkomparator 224 eingespeist, der zusätzlich das Referenz-Bitmuster, d. h. das uncodierte vorbestimmte Informationswort, erhält. Wird eine Übereinstimmung festgestellt, so liefert der Bitkomparator 224 ein Ausgangssignal zu einer Synchronisationseinrichtung, die in Fig. 2 als Markierungseinrichtung 226 bezeichnet wurde.

[0029] Die Synchronisationseinrichtung 226 synchronisiert den Zeitpunkt der Übereinstimmung, der durch den Bitkomparator 224 festgestellt wurde, auf einen Mastertakt (MCLK), der von einem Mastertaktgenerator 234 erzeugt wird, wobei der Mastertaktgenera-

tor 224 als Zeitbasis fungieren kann. Die Synchronisationseinrichtung 226 liefert somit, wenn sie von dem Bitkomparator 224 angesprochen worden ist, beispielsweise bei der nächsten ansteigenden Taktflanke des Mastertakts ein Signal, das den Schätzauftrittszeitpunkt darstellt. Der Mastertaktgenerator 234 liefert ferner den Takt für die Analog/Digital-Wandler 220a, 220b, deren Ausgangssignale in einen RAM-Speicher 222a bzw. 222b eingespeichert werden. Der A/D-Wandler 220a führt eine Abtastung der In-Phase-Komponente des codierten Signals am Ausgang des IRD-Tuners 126b durch, während der Analog/Digital-Wandler 220b eine Abtastung der Quadratur-Komponente des codierten Signals am Ausgang des IRD-Tuners 126b durchführt.

[0030] Wie es aus Fig. 3 zu sehen ist, sind sowohl dem RAM-Speicher 222a als auch dem RAM-Speicher 222b ein Adressenzähler 223a bzw. 223b zugeordnet. Beide RAM-Speicher sind mit dem Korrelator 228, der vorzugsweise als digitaler Signalprozessor ausgeführt ist, verbunden, derart, daß der digitale Signalprozessor abhängig von erzeugten Adressensignalen über eine Adressenleitung 229 die Adressenzähler 223a und 223b und damit die RAM-Speicher 222a und 222b ansprechen kann, derart, daß sie den bei der entsprechenden Adresse gespeicherten Wert dem digitalen Signalprozessor 228 zuführen. Der digitale Signalprozessor 228 umfaßt ferner zwei Ausgänge, um beide Adressenzähler 223a, 223b rücksetzen zu können. Außerdem erhält der digitale Signalprozessor 228 das Referenzsignal für die Korrelation und liefert den Korrekturwert an seinem Ausgang.

[0031] Die beiden RAM-Speicher 222a und 222b sind vorzugsweise als FIFO-Speicher organisiert, die in chronologischer Reihenfolge von den A/D-Wandlern 220a bzw. 220b gespeist werden. In den RAM-Speichern 222a und 222b entsteht somit nach und nach eine abgetastete und digitalisierte Darstellung der In-Phase-Komponente bzw. der Quadratur-Komponente des codierten Signals.

[0032] Stellt der Bitkomparator 224 eine Übereinstimmung eines Teils des Bitstroms am Ausgang 126e des IRD-Empfängers mit dem Referenz-Bitmuster fest, so aktiviert derselbe die Synchronisationseinrichtung 226, derart, daß dieselbe die gerade aktuelle Adresse in dem Adressenzähler 223b und in dem Adressenzähler 223a markiert. Da sowohl die Synchronisationseinrichtung 226 als auch die A/D-Wandler, die Adressenzähler und die Speicher auf den Mastertakt des Mastertaktgenerators 234 bezogen sind, der als Zeitbasis fungiert, stellt die adressierte Adresse einen definierten Zeitpunkt dar, auf den bei der nachfolgenden Korrelation durch den digitalen Signalprozessor 228 in ganzzahligen Vielfachen der Mastertaktperiodendauer Bezug genommen werden kann. Bei dem in Fig. 3 gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird eine Off-Line-Bearbeitung durchgeführt. Da die Synchronisationseinrichtung 226

das Auftreten des Informationsworts im decodierten Bitstrom markiert, ist es a priori bekannt, daß das Informationswort im codierten Signal zeitlich vorher aufgetreten sein muß, da die Einrichtung 126c eine bestimmte Verzögerung aufweist, die nicht von vorneherein bekannt bzw. konstant ist. Der digitale Signalprozessor erhält somit das Referenzsignal, das anhand des decodierten Bitstroms am Ausgang 126e des IRD-Empfängers erzeugt werden kann, und führt von der markierten Adresse aus in entgegengesetzter zeitlicher Reihenfolge, d. h. in absteigender Zählreihenfolge der Adressen, eine Korrelation mit dem gespeicherten codierten Signal durch. Stellt der digitale Signalprozessor 228 ein Korrelationsmaximum fest, so notiert er die dem Maximum entsprechende Adresse, die der Adressenzähler 223b bzw. 223a, anzeigt und stellt die Differenz zwischen der durch die Synchronisationseinrichtung 226 markierten Adresse und der Adresse, die dem Korrelationsmaximum entspricht, her. Diese Differenz ergibt multipliziert mit der Periodendauer des Mastertakts den Korrekturwert, d. h. die Zeitdauer, die vom Schätzauftrittszeitpunkt abgezogen werden muß, um den tatsächlichen Zeitpunkt zu bestimmen, zu dem das vorbestimmte Informationswort im codierten Signal und damit an der Empfangsantenne 120 (Fig. 2) aufgetreten ist.

[0033] Im nachfolgenden wird auf die zeitliche Auflösung eingegangen, die durch den Korrelator 228 erreicht werden kann. Obwohl die In-Phase-Komponente und die Quadratur-Komponente des codierten Signals analoge Signale sind, und rein theoretisch die maximal erreichbare zeitliche Auflösung unendlich ist, wenn das codierte Signal kein Gleichsignal ist, existieren selbstverständlich praktische Grenzen. Wenn der extreme Fall betrachtet wird, daß das codierte Signal am Ausgang des IRD-Tuners 126b ein sehr niederfrequentes Signal ist, so ist rein theoretisch dennoch eine unendlich hohe zeitliche Auflösung erforderlich, da rein theoretisch zwei benachbarte Punkte niemals genau denselben Wert haben. In der Praxis existiert jedoch bereits durch die Abtastung und Analog/Digital-Wandlung ein Quantisierungsverlust, derart, daß bereits hierdurch die Genauigkeit verringert wird. So kann allgemein gesagt werden, daß die zeitliche Auflösung mit zunehmender Frequenz des codierten Signals im Basisband ansteigt, da bei zunehmender Frequenz die Änderung zwischen zwei um einen konstanten zeitlichen Abstand benachbarten Punkten des codierten Signals immer größer wird.

[0034] Nach dem Abtasttheorem muß die durch den Mastertaktgenerator 234 erzeugte Mastertaktfrequenz mindestens doppelt so hoch wie die höchste Frequenz des codierten Signals sein. In der Praxis wird jedoch eine vielleicht vier- bis achtfache Überabtastung eingesetzt. Eine noch höhere Überabtastung führt oftmals zu keiner zusätzlichen Zeitauflösung, da die Genauigkeit der Interpolation nicht mehr erheblich gesteigert werden kann. Wird eine sehr hohe Überabta-

stung eingesetzt, so kann unter Umständen auf eine Interpolation verzichtet werden. Im Sinne preisgünstiger Bauelemente wird jedoch eine möglichst niedrige Mastertaktfrequenz in Verbindung mit entsprechenden Interpolationsverfahren bevorzugt. Die zeitliche Auflösung wird daher nicht allein durch die Mastertaktfrequenz bestimmt, sondern durch das verwendete Interpolationsverfahren in Verbindung mit dem zugrunde liegenden Mastertakt.

[0035] Im nachfolgenden wird die Funktionsweise der in Fig. 3 gezeigten Zeitbestimmungseinrichtung 22 zusammengefaßt. Wenn eine bekannte Sequenz auf Bitstromebene erfaßt wird, wird das Aufzeichnen der QPSK-Signalfom am Ausgang des IRD-Tuners 126b bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung angehalten. Zur "Off-Line"-Verarbeitung wird dann der RAM-Speicher 222a und der RAM-Speicher 222b, die vorzugsweise als FIFO-Speicher ausgeführt sind, nicht weiter beschrieben. Der Mastertaktgenerator 234, der bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel auf eine externe 10-MHz-Referenz synchronisiert ist, liefert den Referenztakt für alle internen Verarbeitungsmodule. Der Bitkomparator 224 erfaßt das Auftreten des Informationsworts auf Bitstromebene. Über die Synchronisationseinrichtung 226 wird das Auftreten des Informationsworts im Bitstrom markiert, um den Schätzauftrittszeitpunkt zu erhalten. Dieses Signal führt zu einer deterministischen Art und Weise der Markierung des Auftretens des vorbestimmten Informationsworts im Bitstrom und liefert eine relative Zeitgenauigkeit. Die gesamte nachfolgende Datenverarbeitung kann auf diesen Zeitpunkt mittels ganzzahliger Vielfacher der A/D-Taktfrequenzperiodendauer bezogen werden.

[0036] Das analoge I- und das analoge Q-Signal werden durchgehend durch die A/D-Wandler 220a, 220b digitalisiert und in den Speichern 222a bzw. 222b gespeichert. Das Ausgangssignal der Synchronisationseinrichtung 226 führt zu einem "Einfrieren" der Speicher. Die Länge des Speichers ist ausreichend, um alle Laufzeiten durch die Anordnung aus QPSK-Demodulator, FEC-Decodierer und MPEG-Demultiplexer in dem IRD-Empfänger 126 zu kompensieren. Die gespeicherten Abtastwerte haben ferner einen bekannten Versatz zum Schätzauftrittszeitpunkt.

[0037] Der digitale Signalprozessor 228 erhält bzw. erzeugt selbst das vorzugsweise analoge Referenzsignal, das zur Korrelation des bekannten Bitmusters und der benachbarten Datenpakete, die an sich nicht bekannt sind, benötigt wird.

[0038] Eine wesentliche Eigenschaft der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß das Referenzsignal aufgrund des decodierten Bitstroms erzeugt werden kann, um dasselbe Energieverteilungsverfahren, durch das das vorbestimmte Informationswort mit den benachbarten Datenpaketen "verbunden" wird, im Empfänger zu simulieren.

[0039] Die Korrelation im digitalen Signalprozessor 228 ergibt eine Korrelationsspitze an einer bestimmten

Abtastwertposition, d. h. an einer bestimmten Speicheradresse, aus der der Korrekturwert ermittelt wird, der dann zu einer Systemsteuerung (in Fig. 3 nicht gezeigt) geliefert werden kann. Die gesamte Zeitsteuerung, z. B. das Rücksetzen der RAM-Speicher 222a, 222b oder das Starten des Meß/Korrelations-Verfahrens und die Schnittstelle zu der Systemsteuerung werden ebenfalls durch den digitalen Signalprozessor 228 gehandhabt.

[0040] Das Auftreten der Korrelationsspitze kann entweder mit einer zweiten Korrelationsspitze verglichen werden, die von einem Referenzsignal abgeleitet wird, das vorzugsweise das Uplink-Signal ist, um die Roundtrip-Laufzeit zu erhalten, oder mit einer Absolutzeitreferenz verglichen werden, z. B. mit einem Universalzeit-koordinierten (UTC; UTC = Universal Time Coordinated) Sekundenpuls.

[0041] Fig. 4 zeigt ein System zum Bestimmen der Laufzeit eines codierten Signals von einem ersten Ort, z. B. von einem Sender, zu einem zweiten Ort, z. B. zu einem Empfänger, wobei das Signal beispielsweise von dem Sender zu einer Empfangs/Sendestation und dann von der Empfangs/Sendestation zu dem Empfänger übertragen werden kann. Die Empfangs/Sendestation kann beispielsweise der Satellit 10 (Fig. 1) sein. Das in Fig. 4 gezeigte System kann beispielsweise in der Bodenstation 12 angeordnet sein. Es umfaßt einen MPEG-Multiplexer, um Audiosignale, Videosignale, Datensignale und dergleichen zu multiplexen, um einen Datenstrom zu erzeugen. In diesen Datenstrom wird durch eine Einrichtung 18b zum Einfügen des Informationsworts, d. h. der Zeitmarke, ein vorbestimmtes Informationswort eingeführt, das durch einen MPEG-Modulator einer Kanalcodierung in Form einer Vorwärtsfehlerkorrektur, einer Verschaltungscodierung, einer Verschachtelung ("Interleaving") und dergleichen unterzogen wird, dann vorzugsweise QPSK-moduliert und auf eine Zwischenfrequenz umgesetzt wird. Das Zwischenfrequenz-Signal wird an dem Ausgang des MPEG-Modulators 18c zu einer Hochfrequenz-Baugruppe (nicht gezeigt) ausgegeben, um über die Sendeanenne der Bodenstation 12 zu einem Satelliten übertragen zu werden. Die Übertragung von der Bodenstation zum Satelliten wird als Uplink-Übertragung bezeichnet. Das Zwischenfrequenz-Signal wird über einen Testübertrager 40 einem IRD-Empfänger 126' zugeführt, der dem IRD-Empfänger 126 (Fig. 3) entspricht. Da derselbe als Referenz das Uplink-Signal wieder empfängt und decodiert, wird derselbe auch als IRD-Empfänger (Uplink) bezeichnet. Derselbe liefert als Ausgangssignal einerseits den decodierten MPEG-Bitstrom und andererseits die In-Phase-Komponente und die Quadratur-Komponente des analogen codierten Signals zu dem MPEG-Korrelator (Uplink) 20, der der Referenzzeitbestimmungseinrichtung 20 von Fig. 1 entspricht.

[0042] Das in Fig. 4 gezeigte System umfaßt ferner einen IRD-Empfänger (Downlink) 126", der das Empfangssignal der Bodenstation 12, das bereits auf di-

Zwischenfrequenz umgesetzt ist, erhält. Der IRD-Empfänger 126" kann ebenso wie der IRD-Empfänger 126 (Fig. 3) ausgeführt sein. Derselbe liefert daher einen decodierten MPEG-Bitstrom sowie die analoge In-Phase-Komponente und die analoge Quadratur-Komponente des codierten Signals zu dem MPEG-Korrelator (Downlink) 22. Der MPEG-Korrelator (Downlink) 22 entspricht der Zeitbestimmungseinrichtung 22 von Fig. 1. Die MPEG-Korrelatoren 20 und 22 sind wie in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben aufgebaut. Der MPEG-Korrelator (Uplink) 20 liefert als Ausgangswert einerseits einen Schätz-Sendezeitpunkt und einen Sendekorrekturewert. Analog dazu liefert der MPEG-Korrelator (Downlink) 22 einen Schätz-Empfangszeitpunkt und einem Empfangs-Korrekturwert.

[0043] Bei dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel werden der Schätzsendezeitpunkt und der Schätzempfangszeitpunkt in eine Einrichtung 42 zur Ermittlung der Schätzlaufzeit eingespeist. Die Einrichtung 42 wird ebenfalls wie der MPEG-Multiplexer 18a von einer Zeitbasis 44 versorgt, die ebenfalls die Referenzzeitbasis für die IRD-Empfänger und die MPEG-Korrelatoren sein kann. Die Schätzlaufzeitermittlungseinrichtung 42 liefert an ihrem Ausgang eine Schätzlaufzeit, die ebenfalls wie der Empfangskorrekturwert und der Sendekorrekturewert in eine Systemsteuerung 46 eingespeist werden. Die Systemsteuerung 46 bildet eine Differenz zwischen der Schätzlaufzeit und der Differenz aus dem Sendekorrekturewert und dem Empfangs-Korrekturwert, um die tatsächliche Laufzeit eines Signals von der Antenne der Bodenstation 12 zum Satelliten 10 und zurück, d. h. über die Wege A1 und A2 (Fig. 1), zu erhalten. Die Systemsteuerung 46 ist vorzugsweise mit einer Anzeige 48 verbunden, um beispielsweise eine Alarmanzeige zu liefern, wenn die Laufzeit unerwartete Werte annimmt, was bedeuten kann, daß der Satellit 10 nicht mehr in seiner erwünschten Position ist.

[0044] In Abweichung vom vorliegenden Ausführungsbeispiel, bei dem das codierte Signal ein analoges Signal ist, während das decodierte Signal ein digitales Signal ist, können beide Signale auch als analoge Signale, als digitale Signale oder einerseits als digitales Signal und andererseits als analoges Signal vorliegen. Wesentlich ist jedoch, daß mittels des codierten Signals eine höhere Zeitauflösung als mittels des decodierten Signals erreichbar ist. Liegen beide Signale beispielsweise als analoge Signale vor, so wird das codierte Signal eine höhere Frequenz als das decodierte Signal aufweisen, wobei durch das Signal mit höherer Frequenz eine höhere Zeitauflösung erreichbar ist. Liegen beide Signale als digitale Signale vor, so wird das codierte Signal eine höhere Taktfrequenz als das decodierte Signal haben, derart, daß mittels eines Bitkomparators für das codierte Signal eine Korrelation des codierten Signals mit einem Referenzsignal, das von dem decodierten Signal und dem Informationswort abgeleitet ist, ein Korrelationsmaximum und damit ein

Korrekturwert ermittelt werden kann. Es ist ferner möglich, daß das codierte Signal ein digitales Signal ist, während das decodierte Signal ein analoges Signal ist. In diesem Fall wäre die Frequenz des decodierten analogen Signals derart bezüglich der Taktfrequenz des codierten digitalen Signals beschaffen, daß ein Bitkomparator für das digitale Signal eine höhere zeitliche Auflösung liefert als ein Korrelator für das decodierte analoge Signal.

[0045] In Abweichung vom vorliegenden Ausführungsbeispiel, bei dem das codierte Signal ein Basisbandsignal mit einer Trägerfrequenz von 0 Hz war, kann die vorliegende Erfindung auch dahingehend modifiziert werden, daß die Trägerfrequenz ungleich 0 ist. In diesem Fall muß diese Tatsache jedoch bei der Erzeugung des Referenzsignals berücksichtigt werden.

[0046] Obwohl die vorliegende Erfindung in Verbindung mit einem Satellitenortungssystem beschrieben worden ist, können die erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Verfahren ebenfalls für jede beliebige Laufzeitbestimmung eines Signals eingesetzt werden, das beispielsweise auch leitungsgebunden und nicht per Freiraumübertragung von einem ersten Ort zu einem zweiten Ort übermittelt wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen des auf eine Zeitbasis (23, 25, 27) bezogenen Auftrittszeitpunkts, zu dem ein vorbestimmtes Informationswort in einem codierten Signal auftritt, wobei ein Teil des Signals durch Codierung von dem Informationswort abgeleitet ist, und ein anderer Teil des Signals keine Beziehung zu dem Informationswort aufweist, mit folgenden Schritten:

Abtasten (220) des codierten Signals und Speichern (222) der Abtastwerte in Zuordnung zu der Zeitbasis;

Decodieren (124) des codierten Signals, um eine decodierte Version des Signals, die das codierte/decodierte Informationswort aufweist, zu erhalten;

Vergleichen (224) der decodierten Version des Signals mit dem bekannten Informationswort;

bei Auftreten des codierten/decodierten Informationsworts in der decodierten Version des Signals, Markieren (226) des Zeitpunkts des Auftretens bezüglich der Zeitbasis, um einen Schätzauftrittszeitpunkt zu erhalten;

Korrelieren (228) der gespeicherten Abtastwerte des codierten Signals mit einem Referenzsignal, das das codierte Informationswort aufweist;

bei Auftreten eines Korrelationsmaximums im Schritt des Korrelierens, Bestimmen (230) der Differenz zwischen dem markierten Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftretens des Korrelationsmaximums, um einen Korrekturwert zu erhalten; und

Kombinieren (230) des Schätzauftrittszeitpunkts und des Korrekturwerts, um den Auftrittszeitpunkt zu erhalten.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

bei dem das codierte Signal ein In-Phase-Teil-signal (I) und ein Quadratur-Teilsignal (Q) aufweist,

bei dem die decodierte Version des Signals einen Bitstrom aufweist; und

bei dem das bekannte Informationswort eine vorbestimmte Folge von Bits umfaßt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das codierte Signal ein Nutzsignal einer Multimedia-Datenübertragung ist, und bei dem das Informationswort in das Nutzsignal eingebettet ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das codierte Signal mittels eines Vorwärtsfehlerkorrekturverfahrens codiert ist, das eine Faltungscodierung, eine Energieverteilungscodierung oder eine Verschachtelung sein kann, und bei dem der Schritt des Decodierens (124) des codierten Signals das Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren rückgängig macht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem nach dem Schritt des Abtastens (220a, 220b) des In-Phase-Teilsignals (I) und des Quadratur-Teilsignals (Q) die Schritte des Analog/Digital-Wandels (220a, 220b) der Abtastwerte für beide Teilsignale durchgeführt werden, wobei das Abtasten beider Teilsignale und das Speichern der digitalen Abtastwerte für beide Teilsignale synchron durchgeführt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei dem im Schritt des Vergleichens (224) der Bitstrom mit der vorbestimmten Folge von Bits, die das Informationswort darstellt, bitweise verglichen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem im Schritt des Markierens (226) der Schätzauftrittszeitpunkt auf die Zeitbasis (234) synchronisiert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Zeitbasis einen Mastertaktgenerator (234) aufweist, und bei



dem im Schritt des Speicherns (222) eine chronologische Speicherung der Abtastwerte durchgeführt wird, und

bei dem der Schritt des Markierens (226) folgenden Schritt aufweist: 5

Anhalten des Speicherns (222), derart, daß der aktuellste gespeicherte Abtastwert einen zeitlichen Bezugspunkt zu der Zeitbasis (234) darstellt, wobei zeitlich vorausgehende gespeicherte Abtastwerte um entsprechende Vielfache der Periodendauer des Mastertakts zeitlich von dem aktuellsten Abtastwert entfernt sind. 10 15

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem im Schritt des Korrelierens (228) ausgehend von dem aktuellsten gespeicherten Abtastwert in entgegengesetzter chronologischer Reihenfolge Abtastwerte des Referenzsignals mit gespeicherten Abtastwerten korreliert werden. 20

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem vor dem Schritt des Korrelierens (228) ferner folgender Schritt ausgeführt wird: 25

Erzeugen des Referenzsignals unter Verwendung des vorbestimmten Informationsworts und des Teils der decodierten Version des Signals, der nicht auf das Informationswort bezogen ist. 30

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, bei dem vor dem Schritt des Korrelierens ferner folgender Schritt ausgeführt wird: 35

Erzeugen des Referenzsignals unter Verwendung der vorbestimmten Folge von Bits, die das bekannte Informationswort umfaßt, und der Datenbits, die in der Nähe des bekannten Informationsworts in dem decodierten Bitstrom liegen. 40

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem im Schritt des Bestimmens (230) der Differenz die Anzahl der Perioden des Mastertakts von dem aktuellsten gespeicherten Abtastwert zu der Taktperiode, in der das Korrelationsmaximum auftritt, ermittelt wird, um den Korrekturwert zu erhalten. 45 50

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Zeitbasis eine Uhr zur Vermessung der absoluten Zeit aufweist, und bei dem im Schritt des Markierens (226) ein absoluter Zeitpunkt als Schätzauftrittszeitpunkt markiert wird. 55

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei

dem die Zeitbasis auf die Erzeugung des codierten Signals bezogen ist, wobei im Schritt des Markierens (226) ein relativer Zeitpunkt bezüglich der Erzeugung des codierten Signals als Schätzauftrittszeitpunkt markiert wird.

15. Verfahren zum Bestimmen der Laufzeit eines codierten Signals von einem Sender zu einem Empfänger, mit folgenden Schritten:

Erzeugen (18) eines codierten Signals in dem Sender, wobei das codierte Signal einen Teil aufweist, der durch die Codierung von einem vorbestimmten Informationswort abgeleitet ist, und wobei das codierte Signal einen anderen Teil aufweist, der keine Beziehung zu dem vorbestimmten Informationswort hat;

Übertragen (A1, A2) des codierten Signals zu dem Empfänger;

Bestimmen (20) eines Schätz-Sende-Zeitpunkts und eines Sende-Korrekturwerts, durch folgende Schritte:

Abtasten (220) des codierten Signals und Speicher (222) der Abtastwerte in Zuordnung zu einer Sende-Zeitbasis;

Decodieren (124) des codierten Signals, um eine decodierte Version des Signals, die das codierte/decodierte Informationswort aufweist, zu erhalten;

Vergleichen (224) der decodierten Version des Signals mit dem bekannten Informationswort;

bei Auftreten des codierten/decodierten Informationsworts in der decodierten Version des Signals, Markieren (226) des Zeitpunkts des Auftretens bezüglich der Sende-Zeitbasis, um einen Schätzsendezeitpunkt zu erhalten;

Korrelieren (228) der gespeicherten Abtastwerte des codierten Signals mit einem Referenzsignal, das das codierte Informationswort aufweist; und

bei Auftreten eines Korrelationsmaximums im Schritt des Korrelierens, Bestimmen (230) der Differenz zwischen dem markierten Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftretens des Korrelationsmaximums, um einen Sende-Korrekturwert zu erhalten;

Bestimmen (22) eines Schätz-Empfangs-Zeit-



punkts und eines Empfangs-Korrekturwerts, durch folgende Schritte:

- Abtasten (220) des codierten Signals und Speichern (222) der Abtastwerte in Zuordnung zu einer Empfangs-Zeitbasis; 5
- Decodieren (124) des codierten Signals, um eine decodierte Version des Signals, die das codierte/decodierte Informationswort aufweist, zu erhalten; 10
- Vergleichen (224) der decodierten Version des Signals mit dem bekannten Informationswort; 15
- bei Auftreten des codierten/decodierten Informationsworts in der decodierten Version des Signals, Markieren (226) des Zeitpunkts des Auftretens bezüglich der Empfangs-Zeitbasis, um einen Schätzwertempfangszeitpunkt zu erhalten; 20
- Korrelieren (228) der gespeicherten Abtastwerte des codierten Signals mit einem Referenzsignal, das das codierte Informationswort aufweist; und 25
- bei Auftreten eines Korrelationsmaximums im Schritt des Korrelierens, Bestimmen (230) der Differenz zwischen dem markierten Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftretens des Korrelationsmaximums, um einen Empfangs-Korrekturwert zu erhalten; 30
- Ermitteln (42, 46) der Laufzeit des Signals von dem Sender zu dem Empfänger durch Kombinieren des Schätz-Sende-Zeitpunkts und des Sende-Korrekturwerts, und des Schätz-Empfangs-Zeitpunkts und des Empfangs-Korrekturwerts. 35
- 16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem das Signal zwischen dem Sender und dem Empfänger zu einer Empfangs/Sendestation, die ein Satellit (10) sein kann, übermittelt wird, wobei die ermittelte Laufzeit zur Bestimmung der Entfernung des Satelliten von dem Empfänger verwendet wird. 40
- 17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, bei dem die Sendezeitbasis und die Empfangszeitbasis einen aufeinander synchronisierten Mastertakt (234) aufweisen, wobei die Laufzeit aus der Anzahl der Perioden zwischen dem Sendezeitpunkt und dem Empfangszeitpunkt ermittelt wird. 45
- 18. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, bei dem 50

sowohl die Sendezeitbasis als auch die Empfangszeitbasis Uhren zur Messung der absoluten Zeit sind, wobei die Laufzeit zum Subtrahieren des absoluten Empfangszeitpunkts von dem absoluten Sendezeitpunkt ermittelt wird.

- 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, bei dem das codierte Signal ein nach einem MPEG-Standard codiertes DVB-Signal ist, wobei die Codierung eine Faltungscodierung, eine Energieverteilungscodierung und/oder eine Verschachtelungscodierung umfaßt.
- 20. Vorrichtung zum Bestimmen des auf eine Zeitbasis (23, 25, 27) bezogenen Auftrittszeitpunkts, zu dem ein vorbestimmtes Informationswort in einem codierten Signal auftritt, wobei ein Teil des Signals durch Codierung von dem Informationswort abgeleitet ist, und ein anderer Teil des Signals keine Beziehung zu dem Informationswort aufweist, mit folgenden Merkmalen:
  - einer Einrichtung (220) zum Abtasten des codierten Signals und Speicher (222) der Abtastwerte in Zuordnung zu der Zeitbasis;
  - einer Einrichtung (124) zum Decodieren des codierten Signals, um eine decodierte Version des Signals, die das codierte/decodierte Informationswort aufweist, zu erhalten;
  - einer Einrichtung (224) zum Vergleichen der decodierten Version des Signals mit dem bekannten Informationswort;
  - einer Einrichtung zum Markieren (226) des Zeitpunkts des Auftretens bezüglich der Zeitbasis, um einen Schätzauftrittszeitpunkt zu erhalten, bei Auftreten des codierten/decodierten Informationsworts in der decodierten Version des Signals;
  - einer Einrichtung (228) zum Korrelieren der gespeicherten Abtastwerte des codierten Signals mit einem Referenzsignal, das das codierte Informationswort aufweist;
  - einer Einrichtung zum Bestimmen (230) der Differenz zwischen dem markierten Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftretens des Korrelationsmaximums, um einen Korrekturwert zu erhalten, bei Auftreten eines Korrelationsmaximums im Schritt des Korrelierens; und
  - einer Einrichtung (230) zum Kombinieren des Schätzauftrittszeitpunkts und des Korrekturwerts, um den Auftrittszeitpunkt zu erhalten.

21. Vorrichtung zum Bestimmen der Laufzeit eines codierten Signals von einem Sender zu einem Empfänger, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung zum Erzeugen (18) eines codierten Signals in dem Sender, wobei das codierte Signal einen Teil aufweist, der durch die Codierung von einem vorbestimmten Informationswort abgeleitet ist, und wobei das codierte Signal einen anderen Teil aufweist, der keine Beziehung zu dem vorbestimmten Informationswort hat; 5 10

einer Einrichtung zum Übertragen (A1, A2) des codierten Signals zu dem Empfänger; 15

einer Einrichtung (20) zum Bestimmen eines Schätz-Sende-Zeitpunkts und eines Sende-Korrekturwerts, die folgende Merkmale aufweist: 20

eine Einrichtung zum Abtasten (220) des codierten Signals und Speicher (222) der Abtastwerte in Zuordnung zu einer Sende-Zeitbasis; 25

eine Einrichtung zum Decodieren (124) des codierten Signals, um eine decodierte Version des Signals, die das codierte/decodierte Informationswort aufweist, zu erhalten; 30

eine Einrichtung zum Vergleichen (224) der decodierten Version des Signals mit dem bekannten Informationswort; 35

eine Einrichtung zum Markieren (226) des Zeitpunkts des Auftretens bezüglich der Sende-Zeitbasis, um einen Schätzsendezeitpunkt zu erhalten, bei Auftreten des codierten/decodierten Informationsworts in der decodierten Version des Signals; 40

eine Einrichtung zum Korrelieren (228) der gespeicherten Abtastwerte des codierten Signals mit einem Referenzsignal, das das codierte Informationswort aufweist; und 45

eine Einrichtung zum Bestimmen (230) der Differenz zwischen dem markierten Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftretens des Korrelationsmaximums, um einen Sende-Korrekturwert zu erhalten, bei Auftreten eines Korrelationsmaximums im Schritt des Korrelierens; 50 55

einer Einrichtung (22) zum Bestimmen eines Schätz-Empfangs-Zeitpunkts und eines Emp-

fangs-Korrekturwerts, die folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung zum Abtasten (220) des codierten Signals und Speichern (222) der Abtastwerte in Zuordnung zu einer Empfangs-Zeitbasis;

eine Einrichtung zum Decodieren (124) des codierten Signals, um eine decodierte Version des Signals, die das codierte/decodierte Informationswort aufweist, zu erhalten;

eine Einrichtung zum Vergleichen (224) der decodierten Version des Signals mit dem bekannten Informationswort;

eine Einrichtung zum Markieren (226) des Zeitpunkts des Auftretens bezüglich der Empfangs-Zeitbasis, um einen Schätzempfangszeitpunkt zu erhalten, bei Auftreten des codierten/decodierten Informationsworts in der decodierten Version des Signals;

eine Einrichtung zum Korrelieren (228) der gespeicherten Abtastwerte des codierten Signals mit einem Referenzsignal, das das codierte Informationswort aufweist; und

eine Einrichtung zum Bestimmen (230) der Differenz zwischen dem markierten Zeitpunkt und dem Zeitpunkt des Auftretens des Korrelationsmaximums, um einen Empfangs-Korrekturwert zu erhalten, bei Auftreten eines Korrelationsmaximums im Schritt des Korrelierens;

einer Einrichtung (42, 46) zum Ermitteln der Laufzeit des Signals von dem Sender zu dem Empfänger durch Kombinieren des Schätz-Sende-Zeitpunkts und des Sende-Korrekturwerts, und des Schätz-Empfangs-Zeitpunkts und des Empfangs-Korrekturwerts.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, bei der die Einrichtung zum Ermitteln der Laufzeit des Signals von dem Sender zu dem Empfänger angeordnet ist, um beim Kombinieren

- die Differenz zwischen dem Schätz-Empfangszeitpunkt und dem Schätz-Sendezeitpunkt zu berechnen, um eine Schätzlaufzeit zu erhalten, und

- von der Schätzlaufzeit die Differenz zwischen dem Sende-Korrekturwert und dem Empfangs-

Korrekturwert zu subtrahieren, um die Laufzeit des Signals zu erhalten.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21, bei der die Einrichtung zum Ermitteln der Laufzeit des Signals von dem Sender zu dem Empfänger angeordnet ist, um beim Kombinieren

- die Differenz zwischen dem Schätz-Sende-Zeitpunkt und dem Sende-Korrekturwert zu berechnen, um den genauen Sende-Zeitpunkt zu erhalten, 10
- die Differenz zwischen dem Schätz-Empfangs-Zeitpunkt und dem Empfangs-Korrekturwert zu berechnen, um den genauen Empfangs-Zeitpunkt zu erhalten, und 15
- die Differenz zwischen dem genauen Empfangs-Zeitpunkt und dem genauen Sende-Zeitpunkt zu berechnen, um die Laufzeit des Signals zu erhalten. 20

25

30

35

40

45

50

55

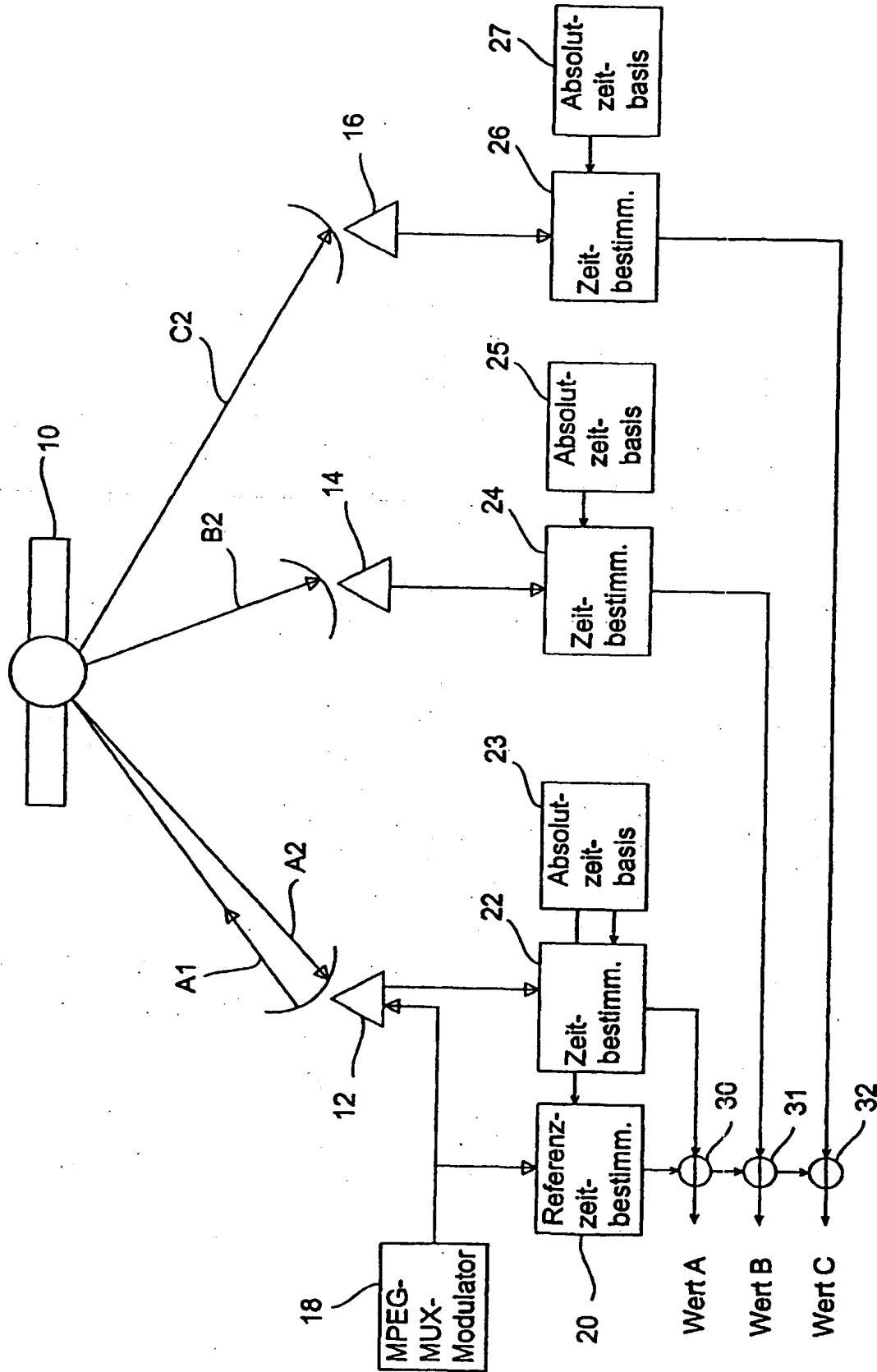
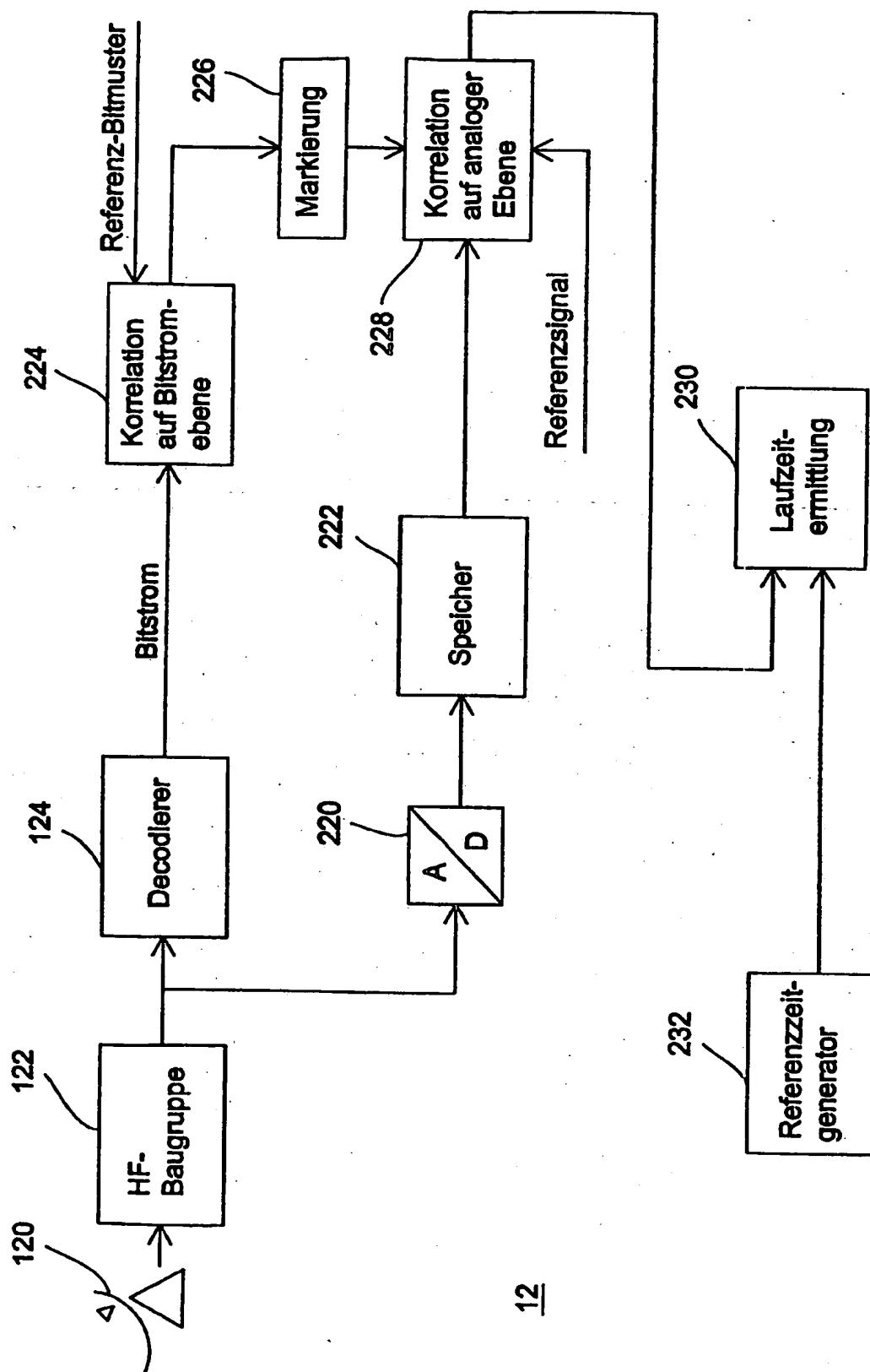
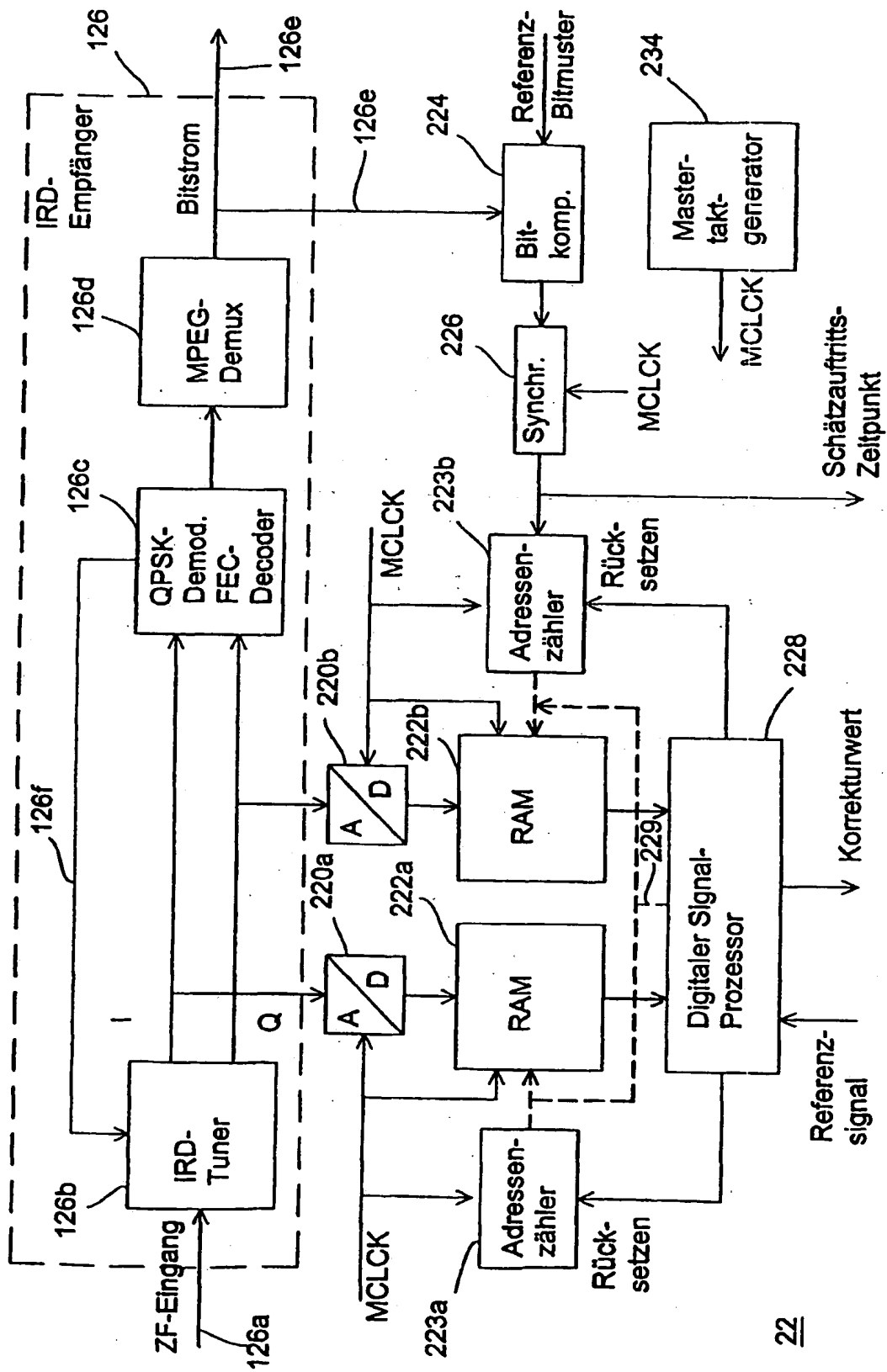


Fig. 1



**Fig. 2**



**Fig. 3**

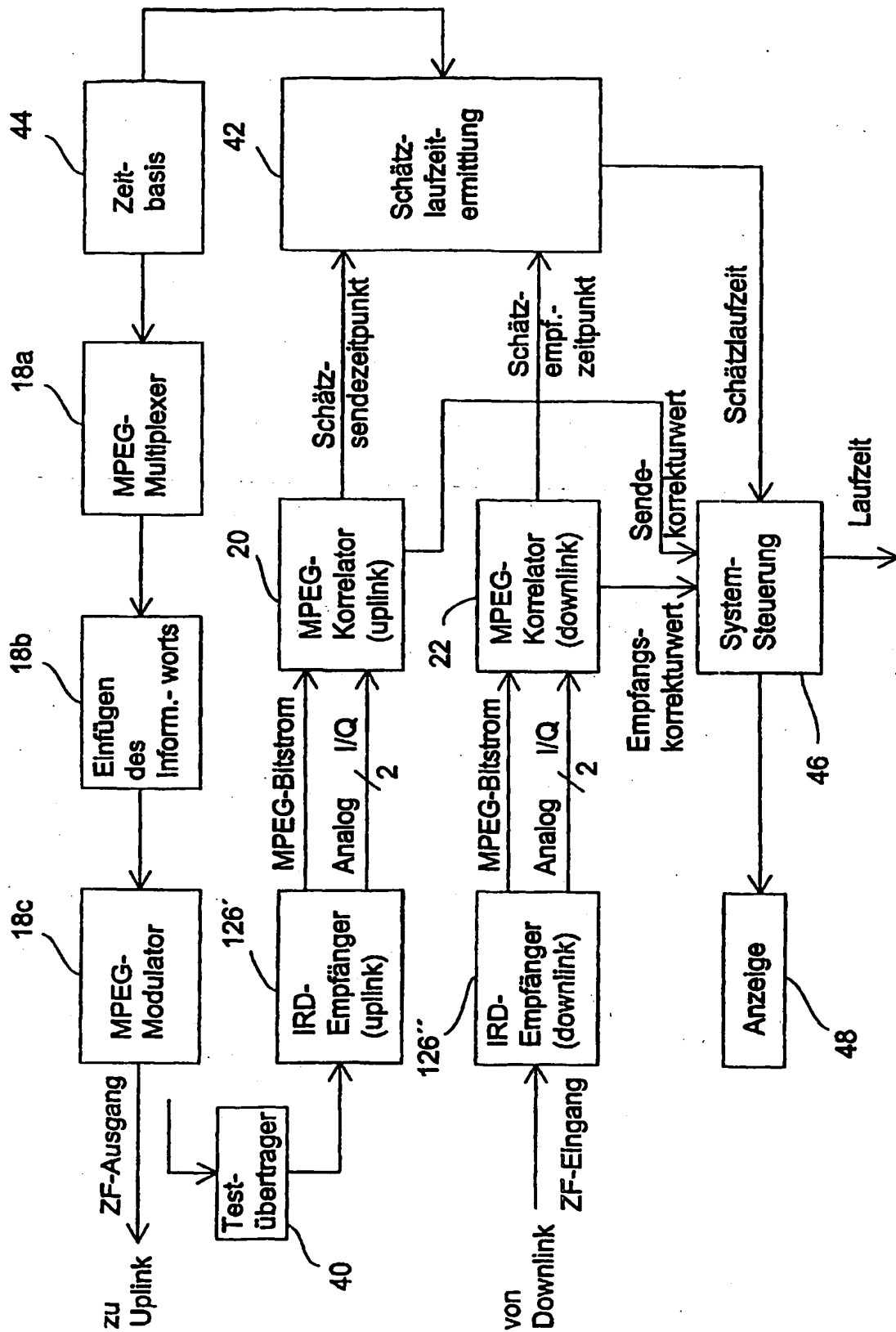


Fig. 4